

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Departamento de Organización de Empresas



**PROPUESTA DE UNA ARQUITECTURA PARA EL SOPORTE DE
LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN
CADENAS DE SUMINISTRO DE TIPO ÁRBOL**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

D. Jorge E. Hernández Hormazábal

Dirigida por:

Dr. D. Raúl Poler Escoto

Dr. Dña. Josefa Mula Bru

VALENCIA, 2011

Esta tesis se ha desarrollado en el marco de la beca F.P.I de la UPV y el programa de investigación y desarrollo (PAID 09-00) de la Universidad Politécnica de Valencia con el apoyo del Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP) bajo el marco de los proyectos: FUZZYMRP (PPI-06-05-5703), EVOLUTION (DPI2007-65501) y REMPLANET (NMP2-SL-2009-229333).

*A Andrea, el amor de mi vida, a mis hijas Isabel y Elena, a
mis padres Jorge y María Alicia y a mi hermano Luís*

Una vez finalizado este proceso de investigación y desarrollo Doctoral, es imposible no mirar atrás y ver todo el camino recorrido. Este camino se caracterizó por una variabilidad de lugares, entornos, personas, emociones, aciertos y algunos desaciertos. Así, tras recorrer este camino, no solo se ha llegado al final de una manera satisfactoria, sino que también se ha llegado a él con una perspectiva amplia y sólida respecto a cómo seguir planteando y supervisando ideas y líneas doctorales en el ámbito de esta área del conocimiento. Así, es para mí todo un privilegio el dar las gracias a aquellos que participaron y me acompañaron, tanto de forma directa como indirecta, en este camino.

En primer lugar, agradecer a Andrea Muñoz, una de las mejores Ingenieras Industriales que conozco, por ser mi pareja y la mejor compañera de viaje que un hombre y persona podría tener. Junto a ella fue posible, por un lado dar inicio a este proceso y, por otro lado, salir adelante y lograr con éxito el objetivo de finalización de esta Tesis. Andrea es al mismo tiempo la madre de mis dos hijas, Isabel y Elena, quienes han venido a este mundo para acompañarnos en la celebración de este logro. Por lo que esta tesis va dedicada a ustedes tres. Al mismo tiempo, agradecer el apoyo de mis padres, el Catedrático de Universidad en la Universidad de la Frontera, profesor (R) Jorge Hernández, y a mi madre, la profesora en la Universidad Católica de Temuco, María Alicia Hormazábal, quienes fueron un apoyo constante en todo este camino, así como también un ejemplo a seguir en el mundo de la docencia, que espero poder imitar. Hijas, Andrea, Papá y Mamá: "lo logramos!"

En cuanto al desarrollo propiamente tal de esta tesis, agradecer a Dr. Raul Poler y Dra. Josefa Mula por la oportunidad que me dieron de vincularme con ellos en sus ideas y proyectos. Esto es lo que finalmente dio como fruto el desarrollo de esta Tesis. Sin vuestro apoyo, hubiese sido muy difícil canalizar y transformar toda esa energía en los excelentes resultados que conseguimos durante mi permanencia en el Centro de investigación Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP). Gracias Raul y Fini por haber sido mis directores y guiarme cuando más lo necesite. Seguro que esto no se detiene aquí.

También agradecer a todos los compañeros del CIGIP con los que tuve la oportunidad de colaborar y compartir de manera cercana, y que me aportaron, de una forma u otra, en el desarrollo de esta tesis. Gracias a Raquel Sanchis, Manuel Diaz-Madroñero, Faustino Alarcón, Inma Cano, Julio Lajara, Darío Franco, Carlos Rodríguez, Raúl Rodríguez y Pedro Gómez. Gracias amigos.

De forma muy especial, agradecer a: Dr. Francisco-Cruz Lario, Catedrático de Universidad (R) en la Universidad Politécnica de Valencia, por sus orientaciones en las definiciones iniciales de la propuesta de sistemas multiagente; Dr. David de la Fuente, Catedrático de Universidad en la Universidad de Oviedo, por su soporte y enseñanzas en el desarrollo de aplicaciones basadas en sistemas multiagente; Dra. María del Mar Eva Alemany, Titular de Universidad en la Universidad Politécnica de Valencia, por sus consejos y apoyo constante, Dr. Carles Sierra, professor at the Artificial Intelligence Research Institute (IIIA-CSIC) en Barcelona, por sus tiempo y paciencia en las introducciones iniciales al mundo de los sistemas multiagente; y, finalmente, Dr. Andrew C. Lyons, Reader at the University of Liverpool, por todo el soporte y ánimos que dieron paso a la distinción Europea de este Doctorado.

Finalmente, quisiera agradecer a los revisores y miembros del tribunal su esfuerzo y dedicación, así como sus comentarios.

Gracias a todos.

Valencia, 12 de Diciembre de 2011

RESUMEN

Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro de tipo árbol

La planificación y la gestión de procesos como la producción, los inventarios y los recursos de una empresa, han sido siempre temáticas importantes de estudio. Esto es debido a que no siempre es fácil satisfacer, de manera eficiente, la demanda de los clientes en cuanto a la cantidad, el tiempo y la calidad requerida. Uno de los apoyos relevantes para esto, es considerar mecanismos colaborativos que soporten los procesos de toma de decisión que afecten a varias empresas. La instauración de estos mecanismos, implicará la generación de incrementos de eficiencia frente a los tradicionales o no-colaborativos. No obstante, la implementación, e instauración, de sistemas colaborativos en entornos reales resulta una labor compleja desde el punto de vista de la integración de tecnologías y de la consideración de estándares para soportar los procesos colaborativos y el flujo de mensajes e intercambio de información entre las empresas o nodos de la cadena de suministro.

El planteamiento de soluciones colaborativas puede considerar dos enfoques, las centralizadas y las descentralizadas. En las primeras, todos los nodos de la cadena de suministro entregan toda la información a un coordinador que toma las mejores decisiones para el conjunto y las comunica a cada nodo. En las segundas, cada nodo intercambia parte de su información con los demás nodos y toma decisiones de forma independiente, en algunos casos de acuerdo a unas reglas de negocio pre-consensuadas. En cualquiera de los dos enfoques, es conveniente utilizar el soporte proporcionado por los marcos de referencia, o *Frameworks*, para el diseño y operación de los mecanismos colaborativos. Algunos de estos *Frameworks* aceptados en el mundo de investigación y utilizados en las empresas son, entre otros: Zachman, ARIS, TOGAF, ATHENA y DoDAF. Los *Frameworks* proporcionan las líneas principales de modelado para soportar el diseño e implementación de los procesos de negocio y las tecnologías de información y comunicación que los soportan.

En este contexto, la presente Tesis Doctoral aborda la problemática del diseño e implementación de los procesos colaborativos desde un enfoque descentralizado en la cadena de suministro. Para esto, se presenta una propuesta de arquitectura, denominada SCACOP (*Supply Chain Architecture for Collaborative Processes*), que ofrece un adecuado soporte a la implementación de mecanismos colaborativos entre empresas. La arquitectura SCACOP se basa en las perspectivas y dimensiones del *Framework* de Zachman para la identificación y definición de los datos, las funciones, las personas, las motivaciones, el espacio temporal y el espacial en relación con los procesos colaborativos. SCACOP proporciona el soporte al diseño e implementación de los procesos colaborativos más relevantes en la cadena de suministro, como son la previsión de la demanda, la gestión de pedidos, la planificación de la producción, el aprovisionamiento de materiales y la distribución de productos. SCACOP se caracteriza por ser una arquitectura genérica y adaptable a las diferentes topologías de cadena de suministro.

Para la validación de la arquitectura propuesta, se ha realizado el diseño e implementación del proceso de planificación de la producción colaborativa y descentralizada en cadenas de suministro de tipo árbol. La herramienta computacional seleccionada está basada en una de las tecnologías más relevantes para este propósito como son los sistemas multiagente, que permiten el adecuado modelado de decisiones, flujo de información y simulación de procesos. La experimentación con la herramienta implementada ha demostrado las ventajas de la aplicación de los mecanismos colaborativos frente a los tradicionales en incrementos de los niveles de servicio y beneficios de cada nodo así como también el beneficio total de la cadena de suministro.

ABSTRACT

An architecture proposal to support the collaborative production planning in a tree-based supply chain

The enterprise planning and management processes such as production, inventory level and resources capacities, have been always relevant topics of study. This due to the fact that not always is easy to meet, in an efficiently manner, the customers demand in terms of its required quantities, lead-times and quality. Thereafter, one solution to support these issues is by considering collaborative mechanisms or solutions. These will be oriented to carry out the main decision-making process among several companies. Further, by establishing these mechanisms rather than the traditional or non-collaborative ones, improvements in terms of the efficiency will be found. Nevertheless, from the technology integration point of view, the implementation of collaborative solutions in real environments is still considered a complex task. This complexity remains, on one hand, in the necessity of considering common standards to support the collaborative processes and, on the other hand, in to design and implement the right information flow among the supply chain companies or nodes to support their decision-making process.

In addition, two approaches can be linked to these collaborative solutions, such as the centralised and decentralised. In the first one, to lead a jointly decision-making process, all the supply chain nodes exchange all their information with a coordinator node. Then, this node makes the best decisions on behalf the whole supply chain in order to disseminate these to every node. In the second one, each node is responsible for exchanging its own information with others. This, according to some pre-agreed business rules, will lead to an independently decision-making process among the nodes. In either of these two approaches, the use of Frameworks is highly recommended to support the design and operations of the collaborative mechanisms. Some well known and accepted Frameworks in the research world and used in enterprise environments are the followings: Zachman, ARIS, TOGAF, DoDAF and ATHENA. These Frameworks provides the main modelling directions to support the information and communication technologies that held the design and implementation of the business supply chain processes.

In this context, this PhD thesis addresses the issue of designing and implementing collaborative processes under a decentralized supply chain approach. For this, the architecture SCACOP (Architecture for Collaborative Supply Chain Processes) is designed to support the implementation of collaborative mechanisms among companies. Further, SCACOP is based on the standard Zachman's Framework in terms of its perspectives and dimensions. Within this, the main data, functions, people, motivations, temporal and spatial relationship will be identified and defined. Thereafter, SCACOP supports the design and implementation of the most important collaborative supply chain processes, such as forecasting, order management, production planning, replenishment and product distribution. This allows SCACOP to be considered

as a generic and adaptable architecture to model different supply chain topologies.

Finally, to validate the SCACOP architecture, the collaborative production planning has been designed and implemented in a decentralised tree-based supply chain topology. To support this, a tool based on one of the most important technologies for this purpose such as the multiagent systems has been selected. This technology is as robust tool for the decision-making, information flow and simulation modelling process, especially in supply chain environments. Furthermore, the results from the implemented tool highlights the fact that, by considering a collaborative approach, improvements in the service levels and profit rates for each node and the whole supply chain can be achieved against the traditional mechanisms.

RESUM

Proposta d'una arquitectura per al suport de la planificació de la producció col.laborativa en cadenes de subministrament de tipus arbre

La planificació i la gestió de processos com la producció, els inventaris i els recursos d'una empresa, han estat sempre temàtiques importants d'estudi. Això és a causa que no sempre és fàcil satisfer, de manera eficient, la demanda dels clients pel que fa a la quantitat, el temps i la qualitat requerida. Un dels suports rellevants per a això, és considerar mecanismes col·laboratius que suporten els processos de presa de decisió que afecten a diverses empreses. La instauració d'aquests mecanismes, implicarà la generació d'increments d'eficiència enfront dels tradicionals o no-col·laboratius. No obstant això, la implementació, i instauració, de sistemes col·laboratius en entorns reals és una tasca complexa des del punt de vista de la integració de tecnologies i de la consideració d'estàndards per suportar els processos col·laboratius i el flux de missatges i intercanvi d'informació entre les empreses o nodes de la cadena de subministrament.

El plantejament de solucions col·laboratives pot considerar dos enfocaments, les centralitzades i les descentralitzades. En les primeres, tots els nodes de la cadena de subministrament lliuren tota la informació a un coordinador que pren les millors decisions per al conjunt i les comunica a cada node. En les segones, cada node intercanvia part de la seua informació amb els altres nodes i pren decisions de forma independent, en alguns casos d'acord a unes regles de negoci pre-consensuades. En qualsevol dels dos enfocaments, és convenient utilitzar el suport proporcionat pels marcs de referència, o Frameworks, per al disseny i operació dels mecanismes col·laboratius. Alguns d'aquests Frameworks acceptats en el món de la recerca i utilitzats en les empreses són, entre d'altres: Zachman, ARIS, TOGAF, ATHENA i DoDAF. Els Frameworks proporcionen les línies principals de modelatge per suportar el disseny i implementació dels processos de negoci i les tecnologies d'informació i comunicació que els suporten.

En aquest context, la present Tesi Doctoral aborda la problemàtica del disseny i implementació dels processos col·laboratius des d'un enfocament descentralitzat en la cadena de subministrament. Per això, es presenta una proposta d'arquitectura, anomenada SCACOP (Supply Chain Architecture for Collaborative Processes), que ofereix un adequat suport a la implementació de mecanismes col·laboratius entre empreses. L'arquitectura SCACOP es basa en les perspectives i dimensions del Framework de Zachman per a la identificació i definició de les dades, les funcions, les persones, les motivacions, l'espai temporal i l'espacial en relació amb els processos col·laboratius. SCACOP proporciona el suport al disseny i implementació dels processos col·laboratius més rellevants en la cadena de subministrament, com són la previsió de la demanda, la gestió de comandes, la planificació de la producció, l'aprovisionament de materials i la distribució de productes. SCACOP es caracteritza per ser una arquitectura

genèrica i adaptable a les diferents topologies de cadena de subministrament.

Per a la validació de l'arquitectura proposada, s'ha realitzat el disseny i implementació del procés de planificació de la producció col·laborativa i descentralitzada en cadenes de subministrament de tipus arbre. L'eina computacional seleccionada està basada en una de les tecnologies més rellevants per a aquest propòsit com són els sistemes multiagent, que permeten l'adequat modelatge de decisions, flux d'informació i simulació de processos. L'experimentació amb l'eina implementada ha demostrat els avantatges de l'aplicació dels mecanismes col·laboratius enfront dels tradicionals en increments dels nivells de servei i beneficis de cada node així com també el benefici total de la cadena de subministrament.

ÍNDICE GENERAL

Resumen

Abstract

Resum

Chapter 1. Introduction.....3

Capítulo 2. Estado del arte de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.....27

Capítulo 3. Estado del arte del modelado empresarial en la cadena de suministro según una perspectiva conceptual y colaborativa.....143

Capítulo 4. Estado del arte de los sistemas multiagente en cadenas de suministro colaborativas.....259

Capítulo 5. Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro.....369

Capítulo 6. Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.....533

Capítulo 7. Aplicación de la arquitectura propuesta para soportar el procesos de la planificación de la producción colaborativa en una cadena de suministro de tipo árbol.....617

Chapter 8. Conclusions and future research lines.....713

INTRODUCTION

CHAPTER

1

INDEX – CHAPTER 1

1. Introduction	5
1.1 Origins and motivations	6
1.2 Background.....	6
2. Research method	8
2.1 Problem definition	9
2.2 Exploring former solutions.....	12
2.3 Modelling the solution.....	14
2.4 Experimentation	14
3. Objectives of the thesis	15
3.1 Overall objective.....	15
3.2 Specific objectives	16
4. Structure of the thesis.....	16
5. Contributions.....	20
Bibliography	21

INDEX – FIGURES

Figure 1. Methodology to explore former solutions and bibliographic review.	13
Figure 2. Outline of how this doctoral thesis was developed.	19

1. INTRODUCTION

Industrial organisation engineering covers a series of themes which mainly support decision-making processes in firms. These themes are related with the design and modelling of processes, simulation, optimisation, decision-making processes, projects management, human resources management, production planning, strategic planning and the study of micro- and macro-economy, to name but a few. Thus a combination of these themes helps firms better adapt to different environments and to, consequently, help present solutions to real problems in accordance with theoretical and experimental knowledge.

One of the problems in which industrial organisation engineering has been involved in the last three decades is supply chain management. This means not only each firm's internal management, but also the management of their relationships with the other firms making up the supply chain. The fundamental aim of adequately managing inter-firm processes is to improve the whole chain's efficiency and its level of customer satisfaction. To achieve these objectives, it is necessary to consider all the capacities and limitations of all the firms making up the supply chain. This can be dealt with in two ways: by centralised solutions in which all the supply chain components provide the entity in charge of offering solutions to the whole supply chain with the information required; by decentralised solutions in which firms define areas of collaboration and information interchange. The former are simpler to design, but are more complex to put into practice because of the barriers that delegating the decisions of each firm within a coordinating unit implies. The latter are more complex as they require different management solutions for each type of firm; however, they are easier to put into practice as they respect each firm's autonomous decision making.

Collaborative solutions must be sufficiently agile and robust to confront the erratic and turbulent behaviours' of the global economic environments that the firms making up the supply chain must face to remain competitive. Nonetheless, they also require technologies which confer interoperability to the firm's applications (**Chen and Vernadat, 2002; Johnson *et al.* 2006; Doumeingts, 2007; Poler *et al.* 2007; Hernández *et al.* 2010**) which will, in turn, enable an efficient interchange of data, information and processes. Thereafter, it is possible to highlight that the collaborative supply chain environment establishment process also will require supporting the management in firms when they progress from internal decision-making processes to extended processes, in which different agents in the supply chain must collaborate on their decision-making process.

Hence, this doctoral thesis is contextualised in studies about the problems involved in promoting and establishing a collaborative environment in the supply chain by means of which firms need to jointly interchange information and to make decisions independently and efficiently to face the supply chain's customer requirements.

This chapter provides an overview of the research to be done in order to propose a novel solution to manage collaborative processes within supply chain management. Firstly, the origins, motivations and background which have led to this research work are presented. Secondly, after considering the principles of the scientific method, the research method, lines of action and experimental development approaches are set out to provide responses to the questions posed. Thirdly, the objectives that will frame the specific form of development of this doctoral thesis will be defined, and will act as a mechanism to measure the fulfilment of the considered work plan. Finally, the organised structure of the chapters and contents, which will help to develop this doctoral thesis, will be provided.

1.1 ORIGINS AND MOTIVATIONS

A firm's production planning and management, inventories and resources have always been important study themes because it is not always easy to efficiently fulfil customer demand in terms of the quantity, time and quality required. Besides, complexity increases when firms attempt to capture a larger volume of external information from other members of the chain to support their decision-making processes.

From the theoretical perspective, it might appear obvious that establishing collaborative processes in a supply chain must enhance efficiency when facing non-collaborative situations. Nonetheless, demonstrating the goodness of collaborative solutions in practice is not altogether evident, while demonstrating the feasibility of implementing systems that can favour collaborative mechanisms in real, complex settings as opposed to traditional ones is even less evident.

Apart from the origins and motivations that give cause to develop this doctoral thesis, it is important to stress that they are fundamentally based on a series of events linking the doctorate student with the research centre which provided the facilities to develop this doctoral proposal. These events are the essential basis behind the consideration and understanding of the origins and motivations which, a *posteriori*, are to become the structure of the present doctoral thesis.

1.2 BACKGROUND

Jorge Esteban Hernández Hormazabal, who is earning his doctorate, is Lecturer in Management at the University of Liverpool in the United Kingdom since 2011. He got his Industrial Engineer degree with mention in Computer Sciences in 2003 at the Universidad de La Frontera from Temuco-Chile. This degree was ranked with a high distinction mark. In terms of the doctoral research work, Mr. Hernández started his doctoral research in the Research Centre on Production Management and Engineering (CIGIP) at the Universitat Politècnica de València since 2005, based on two phases under the doctorate programme with quality mention entitled "Advanced Models for Operations Management and Supply Chain Management" in the Business Management Department. In the first place, Mr Hernández got his

research sufficiency (equivalent to the Master degree) to base his doctoral research work in 2007. After this, in 2008, Mr Hernández began his doctoral thesis work. This whole doctoral process took place at the Higher Polytechnic School in Alcoy (Valencia) where he participated in some research projects, such as the Project PPI-06-05/5703 “Development of mathematical fuzzy programming models for production planning under uncertainty. Application to an industrial firm in the automobile sector” (FuzzyMRP), from 2006 to 2007, in Project CICYT DPI2007-65501: “Simulation and evolutionary computation and fuzzy optimisation models of transportation and production planning processes in a supply chain. Proposal of collaborative planning supported by multi-agent systems. Integration in a decision system. Applications” (EVOLUTION), from 2007 to 2010. Dr. Josefa Mula was in charge of both projects and is also the co-director of this doctoral thesis. In parallel, the doctorate student also participated as a collaborating researcher in national Project PSE-370000-2008-8 “*Proyecto de potenciación de la competitividad del tejido empresarial español a través de la logística como factor estratégico en un entorno global*” (GLOBALOG), from 2007-2009, headed by Dr. Francisco-Cruz Lario Esteban, and in European project NMP2-SL-2009-229333 “Resilient Multi-Plant Networks” (REMPPLANET), from 2009 till now, headed by Dr. Raúl Poler Escoto, co-director of this doctoral thesis.

Furthermore, the following doctoral theses undertaken at the CIGIP have helped and motivated the development of the present doctoral thesis:

- Poler, R. (1998). *Análisis dinámico del sistema decisional de la empresa en el marco del método GRAI. Aplicación a una PYME textil.*
- Ortiz, A. (1998). *Propuesta para el desarrollo de programas de integración empresarial en empresas industriales. Aplicación a una empresa del sector cerámico.*
- Mula, J. (2004). *Modelos para la planificación de la producción bajo incertidumbre. Aplicación en una empresa del sector del automóvil.*
- Alarcón, F. (2005). *Desarrollo de una arquitectura para la definición del proceso de comprometer pedidos en contextos de redes de suministro colaborativas. Aplicación a una red compuesta por cadenas de suministro en los sectores cerámico y del mueble.*
- Gómez, P. (2010). *Programación de la producción en un taller de flujo híbrido sujeto a incertidumbre: arquitectura y algoritmos. Aplicación a la industria cerámica.*

As a result of all this, some ISI indexed publications stand out which have proven relevant for the development of this doctoral thesis before it was presented:

- **Hernández, J.E.**, Mula, J. and Ferriols, F.J. (2008). A reference model for conceptual modelling of production planning processes. **Production Planning & Control**, Vol. 19 No. 8, pp. 725–734.
- **Hernández, J.E.**, Mula, J., Ferriols, F. J. and Poler, R. (2008). A conceptual model for the production and transport planning process: An application to the automobile sector. **Computers in Industry**, Vol. 59 No. 8, pp. 842–852.
- **Hernández, J.E.**, Alemany, M.M.E, Lario, F.C. and Poler, R. (2009). SCAMM-CPA: A Supply Chain Agent-Based Modelling Methodology That Supports a Collaborative Planning Process. **Innovar**, Vol. 19 No. 34, pp. 99-120.
- **Hernández, J.E.**, Mula, J., Poler, R. and Pavón, J. (2011). A multiagent negotiation based model to support the collaborative supply chain planning process. **Studies in Informatics and Control**, Vol. 20 No. 1, pp. 43-54.
- **Hernández, J.E.**, Poler, R., Mula, J. and Lario, F.C. (2011). The reverse logistic process of an automobile supply chain network supported by a collaborative decision-making model. **Group Decision and Negotiation**, Vol. 20 No. 1, pp. 79-114.

The development framework of this doctoral thesis has taken into account these and other publications accepted in relevant scientific journals (for further details, the reader is encouraged to see the ANEXO I, or ANEXO I, from the attached compact disc or CD) in which the results of research work into considering architectures to support decentralised collaboration in supply chains have been tested and published.

2. RESEARCH METHOD

By considering the scientific method perspective and the definition from **Ander-Egg (1995)**, which contemplates that a research method will be defined as the process that allows new knowledge in the social reality field (pure research) to be obtained using a scientific method, or to study a situation in order to analyse needs and problems to apply knowledge for practical purposes, the research method considered to support the development of this doctoral thesis covers four basic aspects. First, problem definition is considered where the main lines are presented, in which relevant authors from the world of science study the problems that collaboration in a supply chain poses. Second, those aspects required to investigate the important elements and to validate the development of this doctoral thesis are identified. Third, the solution and its corresponding modelling are considered. Fourth, to support the origins and motivations presented in the previous section, defining the experiments that will convey the validity and contributions that collaboration implies in supply chain management will be considered. These fundamental aspects will now be explained.

2.1 PROBLEM DEFINITION

The problems of this study will imply contemplating the relevant aspects relating to the supply chain's decision-making process by considering the cultural and economic evolutions of the global environment.

There will be three important aspects to bear in mind in the collaboration area: the decision-making process, information interchange and the use of information and communication technologies (ICT). Along these lines, **Liu and Kumar (2003)** suggest that there is no single formal definition of the collaboration concept in the supply chain. However, this could be understood as those activities which the supply chain nodes undertake in order to jointly make decisions.

According to the level of collaboration and the number of participants involved, supply chain collaboration can be classified as: collaboration among members, a value chain and supply chain networks (**Poirier, 2002**). Therefore, it is important to consider that collaboration will imply the generation of semantic descriptions which provide a mutual understanding between the firms or nodes that wish to collaborate (**Chen and Doumeingts, 2003**). Thus, if we bear in mind that there may be different types of collaboration among the nodes in the supply chain which, in turn, could belong to different supply chains, and that there could also be different collaborative behaviours, models should address each case since the generation of a single model to homogenise collaboration proves hard to deal with (**Poler et al., 2008**). Hence, it is that among the many definitions that can be found for the collaboration concept and in relation to the framework that the present doctoral thesis has been developed in, the definition presented by **Hernández et al. (2011)** stands out. These authors consider that collaboration could be defined as the way in which the firms belonging to the supply chain work together to accomplish shared and private objectives by means of information interchange and negotiating decisions.

From **Cao et al. (2011)** point of view, the most important form of implication relating to information interchange in supply chains' collaborative environments is that nodes will tend to have a win-win-type relationship (**Lewieki and Litterer, 1985**) in which all nodes, or the vast majority of them, will collaborate to become more competitive if compared with other supply chains. **Sapena et al. (2008)** establish that the collaboration process can be divided into three sequential states. The first relates with interchanging messages (or information). The second contemplates defining the restrictions associated with the processes and, therefore, defines the variables with which nodes will assess the results. The third and final one considers the ways to model restrictions to obtain model generation-based solutions, architectures and tools to support supply chain collaborative policies and mechanisms. Moreover with this collaboration terminology, the chain could become more competitive in terms of quality, costs and times as it would be more efficient (**Soosay et al., 2008**).

On the other hand, **Chen and Chen (2005)** consider that collaborative relationships in the supply chain context will have a positive impact on the integration of the chain's replenishment processes and its coordination mechanisms. This means that the advantages which collaborative relationships offer are related to the profits gained by not only each member of the chain, but also by the whole chain (**Cao *et al.*, 2011**). Thus, there will be a tendency to distribute these profits throughout the chain rather than them being used at a local level by chain members. One example of this can be found in the logistics area of distribution where collaborative management in a supply chain will better support the constant modifications made in aspects like defining objectives, distributing raw materials, transport planning and requirements to support information interchange. The supply chain will tend to be more flexible in terms of physical distributions and will, therefore, seek to diminish any inefficiency encountered in chain management and planning (**Kwon *et al.*, 2007**).

One of the most significant collaborative processes in a supply chain is planning each node's operations. This process could contemplate a centralised or a decentralised context in the interchange and processing of information and in decision making.

According to what **Montreuil *et al.* (2000)** establish, centralised planning considers that each chain node develops its own plans, which will subsequently feed an overall plan by considering the agreements that have been combined from among the various nodes for centralised decision-making. In line with this, **Dudek and Stadtler (2007)** contemplate a hierarchical sense of planning and suggest that coordination among supply chain nodes could be carried out by means of centralised planning to coordinate planning in both the mid- and short-term. So, for instance, by considering that production planning is one of the most important activities or processes in manufacturing environments, **Xiong *et al.* (2003)** propose a centralised planning process model which includes previous information from all the supply chain nodes to ensure that manufacturing processes are more efficient. Nonetheless it is evident that in the light of the advantages that a centralised planning system offers, it is also important to highlight that this perspective creates serious difficulties for its practical application. The main reason for this is that, in a real setting, not all the chain nodes are willing to share all their information. Indeed, they will share only the information they believe to be suitable to meet their objectives. Therefore, it is necessary to take a decentralised planning perspective to face such difficulties.

According to **Reiner and Trcka (2004)**, it is possible for supplier nodes to identify other suppliers and/or customers by means of decentralised coordination when faced with their customers' requirements so they can communicate (upstream) the supply chain's requirements and needs to the customer. Likewise, **Anussornnitisarn *et al.* (2005)** propose that the relevant aspects to be considered to establish centralised planning involve planning coordination, cooperation and communication mechanisms. For example, although use of contracts helps profit supply chains given the

generation of aggregated-type information, at the same time, organisational problems will arise among the nodes at all the supply chain levels when coordinating these mechanisms, which will limit the flow and interchange of information. Thus, the decentralised planning solution will support decision-making structures to help dynamically and transparently support information among nodes (**Kremer *et al.*, 2006**).

In light of this, the fact that collaboration in the supply chain requires efficient information exchange management stands out. This information will support planning processes in chain nodes. In other words, nodes should regard information exchange as a fundamental pillar to support collaboration within the chain. On the other hand, it is important to contemplate those technologies that are linked to collaborative processes as they should help to include information in the supply chain and to define those architectures that help the collaborative processes in this chain. Therefore, the information interchange process is a complex task which relates the decisions made about what and how much information is to be shared, and also establishes the suitable times for these interchanges to take place to favour the collaboration and synchronisation in supply chain processes.

Bearing in mind the definitions, considerations and former analyses which help the main set of problems to be defined as a generation of solutions to support the flow information in a collaborative setting and in decentralised decision-making processes which will, in turn, enable the creation of efficient, robust solutions in each node and each complete supply chain to overcome planning problems relating to collaborative, decentralised production in supply chains. These solutions must be able to be replicated in each chain node, and will also become an architecture which will provide the models and modelling languages required to support the different perspectives of collaborative processes.

In this way, and as **Manthou *et al.* (2004)** point out, suitable use of technologies can help strengthen relationships among supply chain members and, will therefore, favour integration and collaboration between the various transactions and events present in the different processes related with supply chain management. In this way, each node could analyse and improve its plans at a local level by considering this external information (**Dudek and Stadtler, 2005**). Therefore, collaboration in the supply chain will address the joint creation of information interchange processes, followed by the implementation of information systems that support these processes. Essentially, the support of these systems considers the chain's physical aspects such as the nodes' geographical distribution, as well as data or information aspects such as demand patterns or product characteristics (**Holweg *et al.*, 2005**). So from the supply chain collaboration viewpoint, it is important to bear in mind that technologies should be able to rapidly and comprehensively respond to customer demand, which is generally variable in time, in relation with suppliers' characteristics (**Tolone, 2000**). Hence use of technologies with algorithms must be employed to support the changes made in demand patterns. One

solution to this is presented by (**Den *et al.*, 2011**) who consider using bi-level linear programming to support supply chain management in accordance with variability's on demand. In fact, integrating between technologies and tools to support data analysis and information will help improve decision-making processes in supply chains (**Jiang and Chen 2010**). In line with this, decision-making processes should contemplate the different behaviours of the decision makers in the supply chain (manufacturers, retailers, customers, etc.) to maximise the chain's economic profits (**Cruz, 2009**).

From a realist supply chain management viewpoint, supporting planning processes in an increasingly collaborative context must, on the one hand, consider a study of the collaborative relations and how they are framed within the chain's different configurations. On the other hand, conceptualisation of flows and business languages will be of much importance to permit the inter-node communication.

2.2 EXPLORING FORMER SOLUTIONS

In accordance with the need, on the one hand, to identify the requirements relating to decentralised collaborative production planning in supply chains and, on the other hand, to support the proposed architecture that provides a solution to the problem definition, relevant and up-to-date information about the identified problem should be acquired. That is to say, it is necessary to explore any existing former solutions to identify proposals and tools which present alternative solutions to the problem of implementing collaborative policies to back decision-making processes. To go about this, the method (see Figure 1) first considers the search for information about supply chain collaborative processes, specifically the planning process, for the purpose of identifying the important aspects that the authors contemplate from both a decentralised and a centralised perspective, and also from relevant supply chain typologies views.

Next, this study goes on to include scientific documentation relating to business modelling in supply chains with a view to identifying relevant business architectures, as well as different models, modelling languages and technological solutions, which can be applied to supply chain collaborative processes.

In relation to all this, and having stressed that multiagent systems are a relevant technological solution, the models based on this technology are studied given their qualities in settings which are distributed to support collaborative processes; for instance, production planning and decision making, most of which are decentralised. Besides, studying these multiagent systems is justified by the fact that their support of the visualisation, modelling and implementation of collaborative planning configurations in decentralised settings has been widely accepted.

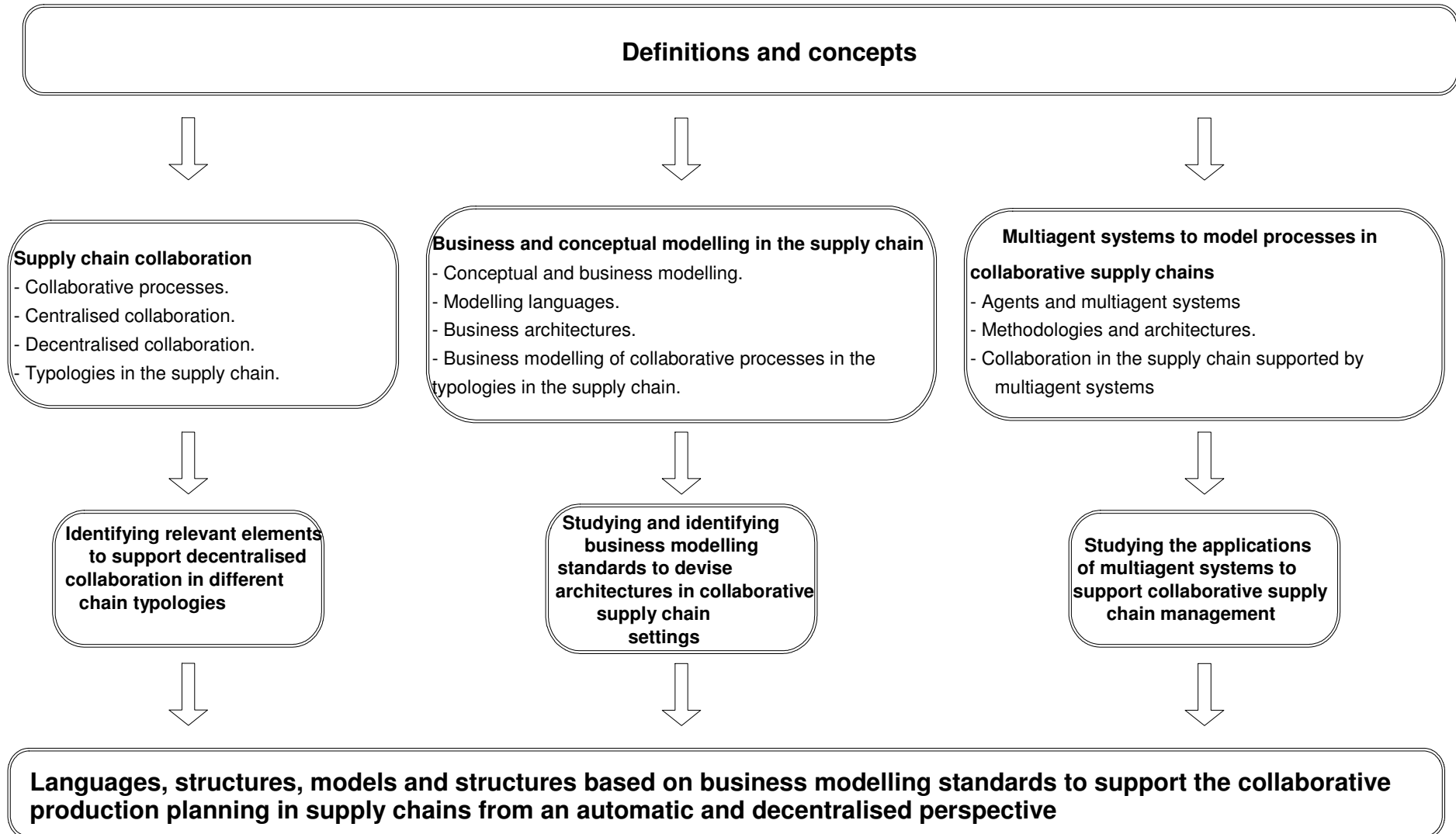


Figure 1. Methodology to explore former solutions and bibliographic review.

2.3 MODELLING THE SOLUTION

After developing the exploratory phase of the former solutions and, therefore, studying the scientific documents relating to problem definition, modelling the solution (as depicted in Figure 1) will consist in considering the definition and the establishment of the languages, architectures, models and architectures based on business modelling standards to support the collaborative planning process in supply chains. This involves, on the one hand, statically representing the solution proposed and, on the other, promoting dynamic representations in terms of the intrinsic behaviours' of each node in the supply chain. These behaviours, along with the respective decisions relating with the collaborative production planning process, will be proposed as an automated information management process. Therefore, each customer node of the supply chain will transmit the information that corresponds to demand plans, while each supplier node will receive this information to assess them and to generate a response to requirements in accordance with the restrictions, flows and behaviours of the information being interchanged. In this way, each node's decisions will be supported by the automated processes in charge of transmitting parameters, and of receiving and assessing responses from the nodes to which they are connected.

Next, the specific solution for the collaboration production planning process is put forward in terms of its design and implementation, which is structured according to Zachman's Business Framework (**Zachman, 1987**) using multiagent systems technology to support the communication standards that give way to the collaborative decentralised communication mechanisms of collaborative production planning.

2.4 EXPERIMENTATION

The final phase of the research method consists in establishing a series of empirical experimental activities to verify the validity and robustness of the proposed architecture. Specifically, the system implemented in the decentralised collaborative production planning context is put to the test. To go about this, a representative supply chain configuration will be established, where aspects such as independence of the decision-making mechanisms, independence of access to information repositories, information interchange based on standard communication protocols and a distributed location of the nodes in the supply chain are taken into account to test the proposed architecture's robustness.

The experiments will contemplate a series of parameters and variables to show the collaborative mechanisms and their assessment for the production planning process. The parameters to be considered are related with products demand, lead time, initial inventories, backlogged initial demand, scheduled receptions, sale price per product unit, production costs, inventory costs, backlogged demand costs, idle time costs for resources, overtime costs per resource, bill of materials (BOM) costs, time required per recourse per production unit, available capacities per resource and

production lot size per product. The variables to bear in mind are: the quantity to be produced per product per period, inventory per product and period, level of backlogged demand per product and period, number of lots to be produced per product, idle time per resource, overtime per resources.

With the production planning decentralised collaborative proposal, the main working propositions (P) are defined as:

- **P1.** Collaborative production planning will result in an increased level of end customer service as opposed to non-collaborative production planning.
- **P2.** From a collaborative perspective, each node's profits will be greater than the profits obtained from a non-collaborative perspective.
- **P3.** The chain's total profits will be greater when considering a collaborative perspective rather than a non-collaborative one.
- **P4.** The production planning collaborative perspective will imply reducing the level of backlogging per customer-type node as opposed to a non-collaborative perspective.

Thus to correctly develop these phases and to assess the hypotheses put forward, it is necessary to define the objectives that will lead to the development architecture of this doctoral thesis. The overall objective and the specific objectives are provided below.

3. OBJECTIVES OF THE THESIS

3.1 OVERALL OBJECTIVE

The overall objective of this thesis is to propose a generic architecture that supports collaborative, decentralised production planning in supply chains.

The architecture (which may be applicable to any supply chain typology) will be validated by its specific application to a tree-type supply chain. Based on the results obtained, lines of action for its application to other relevant supply chain typologies (dyadic, sequential, wheel, hierarchical and network) will be proposed.

The architecture will address how to suitably formalise real production planning problems by considering conceptual, business, simulation, linear programming and multiagent systems modelling approaches.

In order to carry out the experiments, a series of scenarios will be created that contemplate different levels of saturation in the chain nodes, as well as various levels of demand variability. The results of these experiments will be used for the indicators to measure the chain's level of efficiency, such as the whole chain's and each node's profits, service levels, inventory levels, etc. The architecture's capacity to handle a large number of variables will also be tested for the purpose of approaching a real supply chain case.

3.2 SPECIFIC OBJECTIVES

To be able to achieve the overall objective, it is necessary to define the specific objectives (SOs) that will support the complete structure of the proposed architecture, as well as its design, implementation and validation processes.

These specific objectives chiefly centre on three main blocks that address: i) studying current information about the proposal, and identifying the requirements and contributions that the proposed architecture could generate; ii) considering the architecture from the generic viewpoint for its conceptual and technical implementation; iii) experimenting with different cases or scenarios for a given supply chain configuration in order to test its applicability in real-like circumstances.

The specific objectives to develop the proposed architecture are:

- **SO 1.** Develop state of the art in relation to the collaborative processes in the supply chain with a view to determining the exact key elements to be considered to support these collaborative processes, and to check the incidence of different supply chain typologies on them.
- **SO 2.** Develop state of the art for the business modelling employed in the supply chain according to a conceptual and collaborative perspective to know those architectures, modelling languages and business modelling standards that can support the development of the architecture proposal.
- **SO 3.** Develop state of the art to use and apply the multiagent systems used to model supply chain management processes from a collaborative perspective.
- **SO 4.** Develop a proposal for a generic architecture to support the supply chain collaborative processes based, on the one hand, on the conceptual modelling methodological approach by the author of this doctoral thesis in (**Hernández *et al.*, 2008**) and, on the other hand, by considering Zachman's standard Framework (**Zachman, 1987**) to support the architecture's structure.
- **SO 5.** Extend the level of detail to design and implement a tool based on multiagent systems in order to support collaborative production planning in supply chains.
- **SO 6.** Validate the proposed architecture in relation to the designed negotiation mechanisms' reliability by applying it to a tree-type supply chain.

4. STRUCTURE OF THE THESIS

The working structure (see Figure 2) considers the generation of reference conceptual models in relation to the collaborative planning problems in the supply chain in a decentralised context. These reference

models will support the attainment of specific conceptual models that address collaborative production planning problems in a tree-like supply chain (which not only follows the real configuration patterns identified in the research projects in Subsection 1.2, but also the problem definition in Section 2.1).

Use of information and communication technologies (ICT) will help deal with the problems of generating an architecture that facilitates the attainment of models that address the decentralisation of information flow and decisions in a supply chain. For this purpose, the ICTs based on multiagent systems and linear programming mathematical models will be considered to simulate the automatic decision-making process used in each node of the supply chain. Finally with the help of these technologies, each chain component will execute its processes in a decentralised manner to collaborate with those nodes which totally or partially share their planning objectives.

For this purpose, a working scheme is proposed which consists in four parts as explained below:

Part II. State of the art

Chapter 2 reviews and describes different perspectives that the authors consider relevant in terms of supply chain collaboration. The study of collaborative processes, their centralised and decentralised perspectives, and the different supply chain typologies, within which collaborative processes are framed, is considered.

Chapter 3 provides a review and description of business modelling in supply chains from a collaborative and conceptual perspective. This involves identifying the main architectures and establishing their link with the Business Frameworks. Accordingly, different standard modelling languages and architectures for modelling business processes from a collaborative supply chain perspective.

Chapter 4 develops state of the art for the multiagent systems employed in supply chains, mainly from a collaborative perspective, to determine the important elements to support collaborative processes and, therefore, to help implement the architecture according to the different authors' perspectives.

Part III. Proposal

This third part consists in the architecture proposal of this thesis.

Chapter 5 proposes an architecture that supports collaborative production planning in supply chains from a generic viewpoint in accordance with the chain typologies identified in Chapter 2. The standard Business Framework by Zachman (**Zachman, 1987**) was employed to

structure the architecture, and the reference conceptual model by **Hernández *et al.* (2008)** was used as the modelling methodology.

Chapter 6 considers the design and implementation of a tool based on multiagent systems to support collaborative production planning in supply chains.

Part IV. Application

Chapter 7 shows the computational experience followed to assess the architecture's functioning and the collaborative decentralised production planning approach in supply chains.

Finally, the results obtained with the computational experience are provided, and the comparison made between collaborative and non-collaborative scenarios and the various levels of capacity saturation and demand variability is considered. This has involved considering the following indicators: a) the chain's profit; b) each node's profit; c) the main customer's level of service; d) the suppliers' level of response; and e) computational efficiency.

Part V. Conclusions and future research lines

Chapter 8 includes the main conclusions drawn and presents the future research lines that arise from this work.

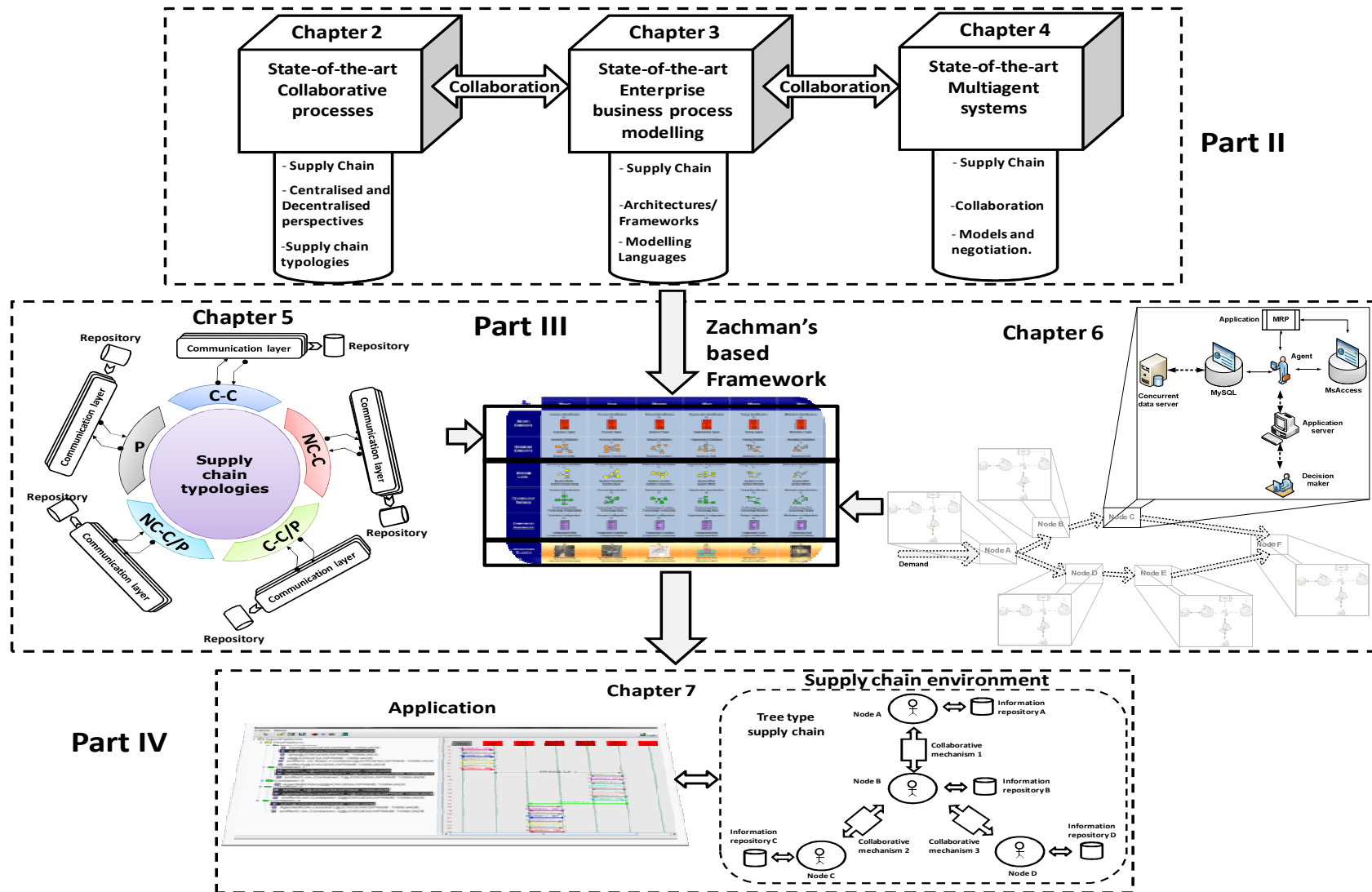


Figure 2. Outline of how this doctoral thesis was developed.

5. CONTRIBUTIONS

The contributions made by this doctoral thesis are summarised as three relevant areas:

- a) An architecture proposal, SCACOP, which supports collaborative processes in supply chains. The proposed architecture is based on Zachman's Framework, and on its basic components identifies several elements like data, functions, people, motivations, and spatial and temporal space. These elements are extended according to the conceptual, logic, physical and application views. SCACOP focuses on supporting relevant collaborative processes in the supply chain, such as forecasting, planning, replenishment, production, logistics and orders management. SCACOP is characterised by being a sufficiently generic architecture which adapts to different supply chain typologies.
- b) Characterisation of the SCACOP architecture to support the collaborative and decentralised production planning process in supply chains. It considers a collaborative decision model, a negotiation method for the parameters of the demand plans that customers order from their suppliers in the supply chain, and the functions of a tool to automate negotiation processes.
- c) Development of a computational tool based on multiagent systems to operate a collaborative, decentralised production planning process in supply chains of different typologies according to the SCACOP proposal. This tool is installed in each supply chain node and provides an automated system to negotiate the demand plans between any pair of supply chain nodes, and enables the consideration of restrictions in all the nodes involved to generate an efficient response to the supply chain's customer demand.

BIBLIOGRAPHY

1. Ander-Egg, E. (1995). *Técnicas de investigación social*. Lumen, Argentina, 24th edition.
2. Anussornnitisarn, P., Nofa, S.Y. and Etzion, O. (2005). Decentralized control of cooperative and autonomous agents for solving the distributed resource allocation problem. *International Journal Production Economics*, Vol. 98, pp. 114–128.
3. Cao, M. and Zhang, Q. (2011). Supply Chain Collaboration: Impact on Collaborative Advantage and Firm Performance. *Journal of Operations Management*, doi:10.1016/j.jom.2010.12.008
4. Chen, D. and Vernadat, F. (2002). Enterprise interoperability: a standardisation view. En: K. Kosanke et al., Editors, *Enterprise Inter-and-Intra Organisational Integration*, Kluwer Academic Publishers, pp. 273–282.
5. Chen, D. and Doumeingts, G. (2003). European initiatives to develop interoperability of enterprise applications—basic concepts, framework and roadmap. *Annual Reviews in Control*, Vol. 27, pp. 153–162.
6. Chen, T. and Chen, J. (2005). Optimizing supply chain collaboration based on joint replenishment and channel coordination. *Transportation Research Part E*, Vol. 41, pp. 261–285.
7. Cruz, J.M. (2009). The impact of corporate social responsibility in supply chain management: Multicriteria decision-making approach. *Decision Support Systems*, Vol. 48, No. 1, pp. 224-236.
8. Deng, W., Wu, Q. and Li, J. (2011). Methodology of Fuzzy Linear Symmetrical Bi-level Programming and its Application in Supply Chain Management. *Journal of Software*, Vol. 6 No. 1, pp. 82-90.
9. Dudek, G. and Stadtler, H. (2005). Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners. *European Journal of Operational Research*, Vol. 163, pp. 668–687.
10. Dudek, G. and Stadtler, H. (2007). Negotiation-based collaborative planning in divergent two-tier supply chains. *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 2, pp. 465–484.
11. Doumeingts, G., Müller, J., Morel, G. and Vallespir, B. (2007). *Enterprise Interoperability: New Challenges and Approaches*, Springer (Eds), London.
12. Hernández, J.E., Mula, J. and Ferriols, F. J. (2008). A reference model for conceptual modelling of production planning processes. *Production Planning & Control*, Vol. 19, No. 8, pp. 725–734.
13. Hernández, J. E., Poler, R. and Mula, J. (2010). An Interoperable Enterprise Architecture to Support Decentralized Collaborative Planning Processes in Supply Chain Networks. En: *Enterprise Interoperability IV* Springer (Ed.), pp. 213-224.

14. Hernández, J.E., Poler, R., Mula, J. and Lario, F.C. (2011). The reverse logistic process of an automobile supply chain network supported by a collaborative decision making model. *Group Decision and Negotiation Journal*, Vol. 20 No. 1, pp. 79-114.
15. Holweg, M., Disney, S., Holmström, J. and Småros, J. (2005). Supply Chain Collaboration: Making Sense of the Strategy Continuum. *European Management Journal*, Vol. 23 No. 2, pp. 170–181.
16. Jiang, W.R. and Chen, J. (2010). Using Business Intelligence in Supply Chain Management. *Advanced Materials Research*, Vol. 171-172, pp. 769-772.
17. Johnson, P., Nordström, L. and Lagerström, R. (2006). Formalizing analysis of enterprise architecture. En: *Interoperability for Enterprise Software and Applications Conference*, pp. 34-44.
18. Kremer, M., Schneeweiss, C. and Zimmermann, M. (2006). On the validity of aggregate models in designing supply chain contracts. *International Journal Production Economics*, Vol. 103, pp. 656–666.
19. Kwon, O., Paul, G. and Lee, K. (2007). MACE-SCM: A multi-agent and case-based reasoning collaboration mechanism for supply chain management under supply and demand uncertainties. *Expert Systems with Applications*, Vol. 33, pp. 690–705.
20. Lewicki, R. J., and Litterer, J. A. (1985). *Negotiation*. Homewood, IL: Irwin.
21. Liu, E. and Kumar, A. (2003). Leveraging information sharing to increase supply chain configurability. *The Twenty-Fourth International Conference on Information Systems*. *Information Systems Frontiers*, Springer (Ed.), pp. 139-151.
22. Manthou, V., Vlachopoulou, M. and Folinias, D. (2004). Virtual e-Chain (VeC) model for supply chain collaboration. *International Journal of Production Economics*, Vol. 87, pp. 241–250.
23. Montreuil, B., Frayret, J. and D'Amours, S. (2000). A strategic framework for networked manufacturing. *Computers in Industry*, Vol. 42, pp. 299–317
24. Poirier, C.C. (2002). *Advanced Supply Chain Management and e-Business*. CRM Today, July 24, Mexico City, Mexico.
25. Poler, R., Ortiz, A., Lario, F.C. and Alba, M., (2007). An Interoperable Platform to Implement Collaborative Forecasting in OEM Supply Chains. En: *Enterprise Interoperability New Challenges and Approaches*, Doumeingts G, Müller J, Morel G, Vallespir B, (Eds) Springer, pp. 179-188.
26. Poler, R., Hernandez, J.E., Mula, J. and Lario, F.C. (2008). Collaborative forecasting in networked manufacturing enterprises. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 19 No. 4, pp. 514-528.

27. Reiner, G. and Trcka, M. (2004). Customized supply chain design: Problems and alternatives for a production company in the food industry. A simulation based analysis. *International Journal Production Economics*, Vol. 89, pp. 217–229.
28. Sapena, O., Onaindia, E., Garrido, A. and Arangu, M. (2008). A distributed CSP approach for collaborative planning systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 21, pp. 698–709.
29. Soosay, C.A., Hyland, P.W. and Ferrer, M. (2008). Supply chain collaboration: capabilities for continuous innovation. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 13No. 2, pp. 160–169.
30. Tolone, W.J. (2000). Virtual situation rooms: connecting people across enterprises for supply-chain agility. *Computer-Aided Design*, Vol. 32, pp. 109–117.
31. Xiong, M., Tora, S.B., Khoo, L.P. and Chen, C. (2003). A web-enhanced dynamic BOM-based available-to-promise system. *International Journal Production Economics*, Vol. 84, pp. 133–147.
32. Zachman, J.A (1987). A Framework for information systems architecture. *IBM Systems Journal*, Vol. 26 No 3.

ESTADO DEL ARTE DE LOS
PROCESOS COLABORATIVOS
EN LA CADENA DE
SUMINISTRO

CAPÍTULO
2

ÍNDICE – CAPÍTULO 2

2.	Estado del arte de los procesos colaborativos en la cadena de suministro .	29
2.1	Introducción.....	29
2.2	Definiciones y conceptos	30
2.2.1	Cadena de suministro.....	30
2.2.2	Intercambio de información en la cadena de suministro	37
2.2.3	Topologías	48
2.3	Procesos colaborativos en cadenas de suministro	56
2.3.1	La Colaboración como apoyo a la gestión de la cadena de suministro.....	56
2.3.2	Procesos colaborativos relevantes de estudio	59
2.3.2.1	El proceso de planificación colaborativa	60
2.3.2.2	El proceso de previsión colaborativa	73
2.3.2.3	El proceso de aprovisionamiento colaborativo.....	96
2.4	Topologías identificadas en los procesos colaborativos	105
2.5	Conclusiones	119
2.6	Referencias	122

ÍNDICE – FIGURAS

Figura 1. Topologías según el flujo de productos. (Fuente: Ernst y Kamrad (2000)).....	50
Figura 2. Topologías según la estructura de la cadena de suministro. (Fuente: Beamon y Chen (2001)).....	50
Figura 3. Topologías según el tipo de intercambio de información (Fuente: Liu y Kumar (2003))	51
Figura 4. Estructuras de cadena de suministro según el dinamismo de los nodos (Fuente: Ivanov et al. (2010))	52
Figura 5. Procesos colaborativos de estudio.....	60
Figura 6. Planificación colaborativa en entornos logísticos (Fuente: Attaran y Attaran (2007))	67
Figura 7. Intensidad del intercambio de información en entornos colaborativos (Fuente: Pramatari, 2007).....	70
Figura 8. Los tres aspectos más importantes de modelo VICS. (Fuente Ashayeri y Kampstra (2003)).....	85

ÍNDICE – TABLAS

Tabla 1. Características relevantes de la cadena de suministro.....	37
Tabla 2. Características relevantes del intercambio de información en la cadena de suministro.....	39
Tabla 3. Resumen del intercambio de información en la cadena de suministro.....	47
Tabla 4. Topologías de la cadena de suministro.	55
Tabla 5. Características de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	59
Tabla 6. Resumen del estado del arte sobre previsión colaborativa.	92
Tabla 7. Resumen del estado del arte sobre aprovisionamiento colaborativo.	103
Tabla 8. Resumen del estado del arte sobre las topologías de cadena de suministro en los procesos colaborativos estudiados.	107
Tabla 9. Análisis de las relaciones según la topología y el proceso colaborativo asociado.....	118

2. ESTADO DEL ARTE DE LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

2.1 INTRODUCCIÓN

En el mundo empresarial, el concepto de colaboración resulta una filosofía emergente a la que las empresas se encuentran más abiertas para su incorporación. Esto es debido a resultados actuales (como los casos de Wall-Mart y Ford, entre otros) que demuestran el hecho que frente a una política colaborativa se generará un impacto positivo en la empresa. A nivel de cadena de suministro, la colaboración implicará beneficios en cada nodo así como en la cadena completa (a partir de ahora se utilizará indistintamente cadena de suministro y cadena). La colaboración dependerá necesariamente de las necesidades e intereses de las empresas (o nodos que conforman la cadena). En este sentido, **Byrne y Heavey (2006)** demuestran que tras favorecer el intercambio de información entre los nodos de la cadena, existirán beneficios para ellos como por ejemplo un aumento en la precisión de los tiempos de entrega. Por su parte, **Lin et al., 2006**, bajo el concepto de que una cadena de suministro se conforma por entidades o nodos, establecen que es importante que éstos estén dispuestos a colaborar para favorecer la gestión de la cadena de suministro. Así, por ejemplo, **Tang (2006)** establece que las perspectivas colaborativas ayudarán a mitigar los riesgos vinculados con las variabilidades de la demanda. Por lo que, algunos de los beneficios a partir de esto son: reducciones en los niveles de inventarios y en los tiempos de ciclos y una mayor flexibilidad (**Vonderembse et al., 2006**). En esta misma línea, desde un punto de vista de los recursos, la colaboración apoyará el intercambio de ellos en la cadena de suministro (**Binder y Clegg, 2007**). Otro aspecto importante es el relacionado con la calidad de los productos, donde **Li et al. (2007)** plantean que por medio de la colaboración se favorece la consecución de procesos más eficientes y de mejor calidad.

De esta forma, según lo visto hasta ahora, la colaboración se puede definir como el intercambio o transmisión de información oportuna de modo que, en el contexto de la gestión de la cadena de suministro, los nodos involucrados puedan llevar a cabo sus procesos adecuadamente. Estos procesos pueden estar orientados, por ejemplo, hacia la planificación, la previsión, el aprovisionamiento, la logística, la logística inversa y la gestión de pedidos, entre otros. Por lo que, uno de los objetivos de este capítulo, además de estudiar los aspectos relevantes asociados a los procesos colaborativos entre los nodos, será estudiar tres orientaciones que son comúnmente tratadas (cómo se verá más adelante) por los autores, es decir, los procesos de planificación, previsión y aprovisionamiento colaborativos. Esto motivado, además, por el hecho de que será la perspectiva de planificación colaborativa la que se considerará en la propuesta de arquitectura empresarial descrita en el Capítulo 5 y el Capítulo 6.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que la colaboración se podrá llevar a cabo desde dos perspectivas: centralizada y descentralizada. En el primer

caso, los nodos de la cadena aceptan el hecho de que sea una sola entidad (por lo general, conocida con el nombre de empresa virtual) la que recolecte y transmita la información a los demás nodos para que éstos desarrollen sus procesos correspondientes. En segundo lugar, y como una tendencia más actual, se considera una colaboración de tipo descentralizada, en donde cada nodo se relaciona con el que considere oportuno y, dependiendo de las necesidades, cada nodo podrá ser tanto de tipo colaborativo como no colaborativo dada su relación con los demás nodos. Así, por ejemplo, podrán existir clientes, fabricantes, proveedores de tipo colaborativos y no colaborativos que, en función de dicha condición, intercambiarán un tipo de información u otra.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo del presente capítulo es el de estudiar la literatura científica vinculada con el modelado de procesos colaborativos en la cadena de suministro. Principalmente, aquellas que identifiquen aspectos como: los procesos colaborativos relevantes, las topologías de cadena de suministro, el flujo y/o el intercambio de información entre los nodos de la cadena. Esto con la idea de recolectar las definiciones y conceptos principales que sean extensibles hacia el estudio de los procesos colaborativos desde las perspectivas centralizadas y descentralizadas. Según esto, se pretende identificar las implicaciones principales en aspectos relevantes de la gestión de la cadena de suministro como son: los procesos de toma de decisión, el intercambio de información y el modelado de topologías diferentes de cadena de suministro.

Por lo tanto, para cubrir estos aspectos mencionados, este capítulo considera la siguiente estructura. En primer lugar, se introducen conceptos relevantes para soportar el estudio de la colaboración en la cadena de suministro, como son: cadena de suministro, planificación y proceso de toma de decisión, intercambio de información y las diferentes topologías en las que una cadena de suministro se puede caracterizar. Seguidamente, se presentan los resultados de la literatura relevante en relación a la colaboración en la cadena de suministro. Para esto, se considera la definición de colaboración en cadenas de suministro así como las perspectivas centralizada y descentralizada. Posteriormente, se hace una revisión de los procesos de planificación, previsión y aprovisionamiento colaborativos. Estos últimos, producto de la relevancia que implican, se estudian de forma separada. Una vez hecho esto, se presenta una relación entre las diferentes topologías identificadas y los procesos colaborativos estudiados. Finalmente, en la última sección, se presentan las conclusiones del presente capítulo.

2.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS

2.2.1 CADENA DE SUMINISTRO

El concepto de cadena de suministro nace a raíz de que las empresas, para efectos de poder cumplir con la demanda de un cliente, ya no solo requieren optimizar sus propios procesos (por ejemplo, de fabricación), si no que requieren tener en cuenta la situación de sus clientes, proveedores,

almacenes, transportes, etc. De esta forma, la cadena existirá para dar cuenta de las relaciones que cada empresa (o nodo) tiene con otras a nivel de intercambio de información y materiales. Así, según la forma de interacción se podrá decir que estas relaciones podrán ser horizontales o verticales, colaborativas o no colaborativas, directas o indirectas. De hecho, **Whitman et al. (2001)** establece que una cadena de suministro representaría una sociedad de negocios autónomos, los cuales colaboran en conjunto en la solución de problemas comunes de optimización, por ejemplo, de operaciones. Por lo que, con la colaboración y esfuerzo colectivo, estos negocios implicarán el progreso de cada uno de sus nodos.

Es posible decir, entonces, que algunos de los elementos que caracterizarán este enfoque de gestión de cadena de suministro son:

- Integración de procesos tanto de proveedores, fabricantes, mayoristas, distribuidores, y detallistas.
- Fluidez de la información a través de toda la cadena, sin temor o desconfianza para compartirla.
- Ahorros en costes en las diferentes operaciones empresariales (planificación, producción, transporte, abastecimiento, etc.).

Ross (1998) plantea que el concepto de cadena de suministro es comúnmente más utilizado que el de gestión de la cadena de suministro, esta situación es corroborada por **Cooper y Ellram (1993)**; **La Londe y Masters (1994)** y **Lambert et al. (1998)**. En este sentido, **La Londe y Masters (1994)** establecen que la cadena de suministro resulta de la unión de un conjunto de empresas (o firmas) que se transfieren los productos entre unos y otros, por lo que muchas empresas de carácter independiente se involucran en la fabricación de un producto para entregar dicho producto al cliente final, por lo que el cliente, el distribuidor, el fabricante, el almacén, etc, serán todos parte de la cadena de suministro. Así es como **Lambert et al. (1998)** definen el concepto de cadena de suministro como la alineación de empresas que traspasan un producto o servicio al mercado. Este concepto de cadena de suministro incluye al cliente final como parte de la cadena. Otra perspectiva la proporciona **Christopher (1992)** quien establece que una cadena de suministro es una red de organizaciones que se relacionan entre sí mediante vínculos aguas arriba o aguas abajo de los diferentes procesos y actividades que generan valor mediante la entrega de productos y servicios al cliente final.

Por tanto, a fin de compartir la información de manera oportuna, será importante la implementación de sistemas de información homogéneos en todos los niveles o eslabones involucrados de la cadena, entendiéndose como eslabón a toda aquella organización involucrada en un mismo sistema de pedidos, fabricación, distribución, etc. En este contexto, **Beamon (1998)** señala que una cadena de suministro se conforma, básicamente, de dos procesos principales integrados:

- **Planificación de la producción y control de inventarios.** Describe el diseño y la administración del proceso global de

fabricación, incluyendo la programación y la adquisición de materias primas, el diseño y la programación del proceso de fabricación, y el diseño y el control de la gestión de materiales.

- **Distribución logística de procesos.** Determina cómo los productos son transportados desde los almacenes hasta los nodos que los requieran. Dichos productos podrán ser transportados hacia los nodos de manera directa, o podrían ser trasladados hacia los canales de distribución, los cuales, a su debido tiempo, remitirán los productos hacia los demás nodos. Estos procesos incluyen la gestión de la entrega de pedidos e inventarios, el transporte, y la entrega final del producto.

Otra perspectiva, en el contexto de la gestión de la cadena de suministro, es proporcionada por **Chopra y Meindl (2002)**, quienes establecen que aún existiendo sistemas de información orientados a simplificar las comunicaciones entre clientes y proveedores, en un entorno de e-business, los nodos de la cadena de suministro, en especial los proveedores, se encuentran con el reto de entregar a tiempo los productos y servicios requeridos. Esto debido, principalmente, a las limitaciones geográficas y de los recursos involucrados. Dado esto, la planificación de cómo gestionar la producción y la logística son aspectos muy relevantes en el estudio de las cadenas de suministro. De hecho, tal como señalado por **Yeo y Ning (2002)**, la gestión de la cadena de suministro se puede considerar como un proceso de tipo estratégico para gestionar los movimientos y almacenamiento (si es necesario) de las materias primas, los componentes, los productos terminados, etc., desde los proveedores, a través de los procesos de fabricación, teniendo en cuenta los clientes, los usuarios finales y los flujos de información correspondientes. De esta manera, la gestión de la cadena de suministro considerará las siguientes características para poder controlar y llevar a cabo sus procesos:

- Intercambio de información en tiempo real.
- Procesos de aprovisionamientos coordinados en toda la cadena de suministro.
- Una actitud colaborativa entre todos los nodos de la cadena de suministro.

Por lo que, tal como señalado por **Yeo y Ning (2002)**, en un nivel avanzado de cadena de suministro, ésta se podrá considerar como una constelación en la que las competencias críticas de los miembros de la cadena se distribuirán entre los demás miembros. Por lo que es posible decir que, bajo un contexto de cadena de suministro, todos los miembros involucrados deberán ser capaces de intercambiar información con sus clientes y proveedores en tiempo real cuando sea posible (**Manthou, 2004**), para lo cual se deberá considerar un sistema de información que permita dicha comunicación entre los nodos.

Otra perspectiva de cadena de suministro, es proporcionada por **Huang (2005)**, quien establece que la cadena de suministro será una red de

ubicaciones destinadas a la recolección de materias primas, la transformación de materias primas en productos intermedios y finales, y al envío de los productos a los clientes a través de los sistemas de distribución. Así, tal como señalado por **Min y Zhou (2002)**, el concepto de cadena de suministro se soportará por un sistema integrado, el cual se orientará a sincronizar los procesos de negocio de la cadena para cumplir con los siguientes objetivos:

- Adquirir materias primas y componentes en general.
- Transformar estas materias primas y componentes en productos finales.
- Añadir valor a estos productos.
- Distribuir y promover estos productos entre los clientes.
- Facilitar el intercambio de información entre los nodos de la cadena (clientes, proveedores, fabricantes, distribuidores, proveedores 3PL, detallistas, etc.).

Estos objetivos, entonces, se centrarán en incrementar la eficiencia operativa, la fiabilidad y la competitividad para la propia empresa así como para los demás miembros de la cadena. Seguidamente, es posible decir además algunos de los elementos críticos de la cadena de suministro son aquellos relacionados a los clientes de tipo mayoristas y minoristas, quienes juegan un rol fundamental en el envío de los pedidos a los clientes, lo cual se debe a que las empresas hacen, mueven y envían los productos que ellos venden **Lejeune y Yakova (2005)**. Por lo tanto, tal y como ha sido establecido por **Robinson y Malhotra (2005)**, es posible decir que la gestión de la cadena de suministro involucra desafíos del tipo:

- Desarrollar la confianza y la colaboración entre los nodos de la cadena de suministro.
- Identificar las mejores prácticas que puedan facilitar los procesos de integración en la cadena de suministro.
- Implementar con éxito los sistemas y tecnologías de la información para incrementar la eficiencia, el rendimiento y la calidad de cada unidad de la cadena de suministro.

De acuerdo con lo anterior, los aspectos relacionados con la gestión de la cadena de suministro se verán favorecidos, tales como la gestión de: inventarios, proveedores, fabricación, tecnologías de información, calidad, transporte y logística, *marketing*, mejora continua y aprendizaje, comportamiento organizativo, relaciones y estrategias (**Evans et al. (2000); Mehra et al. (2001); Croom et al. (2000) y Tan (2001)**). Adicionalmente, **Stadtler (2005)** comenta que las actividades vinculadas a la cadena de suministro, deberían diseñarse de acuerdo a las necesidades de los clientes que requieren ser atendidos. Consecuentemente, el cliente resultará ser una parte integral de la cadena de suministro. Por lo tanto, el objetivo principal debiera de estar focalizado en el cumplimiento de las órdenes así como en los correspondientes flujos de productos, financieros e informacionales. Esto

implica considerar mecanismos de coordinación entre los nodos de la cadena de suministro los cuales, en su mayoría, se engloban en entornos jerárquicos, en donde los proveedores deben responder a las necesidades de sus clientes de la manera más eficiente y efectiva posible. De esta forma, si bien la coordinación jerárquica en empresas y mercados globales implica una tarea muy laboriosa de gestión de la cadena de suministro, el reto real existe cuando este tipo de coordinación ya no sea más posible debido a, por ejemplo, cambios en la configuración de la cadena de suministro. También, en el caso de existir altas variabilidades en la demanda, los costes no esperados productos de dicha variabilidad podrían ser elevados **Boute et al. (2007)**.

Otros conceptos más recientes de cadena de suministro son proporcionados por **Chandra y Tumanyan (2007)**, quienes establecen que una cadena de suministro resulta ser una red de empresas que consideran e integran una serie de opciones de distribución que son utilizadas para, de manera efectiva, integrar a proveedores, fabricantes y distribuidores. Esto con el objetivo de desarrollar las funciones adecuadas de solicitud, aprovisionamiento y transformación de materiales. Además, respecto a la distribución de éstos, se puede decir que la cadena de suministro se preocupa de tener en cuenta las cantidades adecuadas para ser distribuidas a los clientes y en las ubicaciones correspondientes en un tiempo adecuado, con lo cual se favorecerá la consecución de los niveles de servicio esperados a un mínimo coste. No obstante, los autores establecen que para desarrollar un proceso de integración adecuado, y por consiguiente, la correspondiente integración de la información, se han de tener en cuenta soluciones de tipo sistémicas así como considerar metodologías que apoyen la gestión del conocimiento dentro de la propia cadena así como en el interior de cada nodo que la conforma. Esto debido a las siguientes razones:

- La existencia de mucho conocimiento, sin un sistema de información de apoyo, se vuelve intratable.
- Si bien las unidades de negocios, o nodos de la cadena, se encuentran geográficamente dispersos, a nivel de red se encuentran cercanas.
- La colaboración entre los nodos resulta una actividad que genera mucho valor.
- Cuando existen nodos en la cadena de suministro de tipo grandes, descentralizados y desconocidos, resulta difícil obtener los requisitos de usuario correspondientes.

Así, los proveedores de productos han de invertir en tecnologías para mejorar la calidad y los compradores han de invertir en los desarrollos de ventas que les permitan acceder a los mercados antes de que la incertidumbre en la demanda esté resuelta y poder ser competitivos (**Gurnani et al., 2007**). Por lo tanto, para conseguir un rendimiento competitivo se requiere una cadena de suministro efectiva. Así es como **Gunasekaran et al. (2008)** establecen que un tipo de cadena efectiva será

aquella que en los nodos sean capaces de crear valor en entornos competitivos por medio de las reacciones rápidas generando costes bajos según los cambiantes requerimientos del mercado. De esta misma forma, **Stadtler (2009)** establece que una manera de conseguir este tipo de coordinaciones en las organizaciones que pertenecen a una cadena de suministro es mediante la alineación de actividades futuras por medio de la coordinación de las empresas.

Otro aspecto importante del concepto de cadena de suministro lo proporcionan **Frayret et al. (2005)** quienes plantean que la cadena de suministro (además de considerar la distribución de las organizaciones) considera el flujo de la información en muchas direcciones considerando las bondades organizacionales que se presentan en las redes de negocio complejas de proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes finales (**Richard y Tsiushuang 2005**). De esta misma manera, **Nishi et al. (2005)** plantean que para las empresas industriales orientadas a la fabricación de productos, la integración de los procesos de negocio desde la gestión de los pedidos del cliente hasta el envío de dicho pedido es lo que se conoce como gestión de la cadena de suministro. Así, el problema asociado con la optimización incluye aspectos como la coordinación de la producción, la distribución, los proveedores de materias primas y los clientes. Más aún, cada uno de esos aspectos mencionados poseerá sus propias variables de decisión características y sus funciones objetivos relacionadas, por lo que para lograr una gestión eficiente de la cadena de suministro se ha de desarrollar un plan de acción de modo que cada uno de los aspectos mencionados considere la posibilidad de tomar decisiones de forma independiente para que sus operaciones apoyen, por ejemplo, la optimización de su propia función objetivo con lo cual, tal como plantean **Androulakis y Reklaitis (1999)**, se considerarán las restricciones de los demás aspectos asociados a la cadena de suministro.

Por su parte, **Soroor et al. (2009)** comentan que las cadenas de suministro implican una distribución geográfica importante, lo que implica que las empresas se encuentran muy esparcidas, con lo cual existen factores a tener en cuenta por los propios miembros de la cadena, como son los horarios y las culturas diferentes. Es por esto, que una gestión de la cadena de suministro adecuada, implica necesariamente una coordinación en tiempo real para ofrecer, por ejemplo, proyectos de producción o un servicio especial de manera efectiva teniendo en cuenta la existencia de tiempos y recursos limitados. Por lo cual, nace el concepto de cadena de suministro robusta, que presta una especial atención tanto en las ubicaciones de las instalaciones de los proveedores y visualiza las oportunidades potenciales de transporte entre los diferentes nodos de la cadena (**Ningxiong y Nozick, 2009**).

Ahora bien, cómo conocer el rendimiento de la cadena de suministro, y cómo saber si se está en el límite de dicho rendimiento. Para esto, **Seuring (2009)** establece que el límite se podrá entender como la suma de la actuación de todos los miembros de la cadena de suministro, con lo cual una posición competitiva de la misma implica mejorar el rendimiento de los

nodos más débiles. Por lo tanto, la tarea fundamental a tener en cuenta es la configuración estratégica de la cadena que permitirá, de manera directa o indirecta, generar un comportamiento de cadena acorde a los requerimientos óptimos de clientes, proveedores, fabricantes, distribuidores, etc.

De esta manera, a partir de las referencias estudiadas, ha sido posible identificar una serie de elementos que apoyan el concepto de cadena de suministro que, como antesala a un entorno de colaboración entre los nodos, se han de tener en cuenta tanto por los nodos de la cadena como también por la cadena completa. Estos elementos, visualizados con mayor detalle en la Tabla 1, se vinculan hacia las siguientes dimensiones:

- **Tecnologías de la información (TI).** Este concepto considera los sistemas de información utilizados por los nodos (por ejemplo sistemas ERP, internet, intranet, etc.).
- **Integración geográfica (IG).** Las cadenas de suministro pueden considerar una integración ya sea por medio de sistemas de información (empresas virtuales) o mediante empresas que se encuentren geográficamente cercanas. Así, esta dimensión contempla si la configuración de la cadena implica dicha integración geográfica en sus procesos, por ejemplo, de planificación y toma de decisión.
- **Intercambio de información Multi-Nivel (IIMN).** La información que se intercambia en la cadena puede trascender solamente a los nodos más próximos (por ejemplo relación cliente-proveedor) o bien nodos más lejanos, no directamente relacionados, pueden acceder a la información de la cadena para, por ejemplo, ajustar sus previsiones y procesos de planificación.
- **Flujo de materiales (FM).** Este aspecto se relaciona con el hecho de identificar si la cadena, en sus procesos de planificación, contempla el flujo de materiales. Es decir, si tiene en cuenta una posible integración entre sus procesos de fabricación y transporte.
- **Flujo de información (FI).** El flujo de información considera los mecanismos de intercambio de información entre los nodos de la cadena.

Tabla 1. Características relevantes de la cadena de suministro.

Autor	TI	IG	IIMN	FM	FI
Whitman <i>et al.</i> (2001)			X		X
Beamon (1998)	X	X		X	X
Chopra and Meindl (2002)	X				X
Yeo and Ning (2002)	X	X			X
Manthou (2004)	X		X	X	X
Huang (2005)	X			X	X
Min y Zhou (2002)		X		X	X
Lejeune y Yakova (2005)			X		X
Robinson y Malhotra (2005)			X		X
Evans <i>et al.</i> (2000)	X		X		X
Mehra <i>et al.</i> (2001)	X				X
Croom <i>et al.</i> (2000)	X		X		X
Tan (2001)	X	X	X	X	X
Stadtler (2005)			X	X	X
Boute <i>et al.</i> (2007)	X		X		X
Chandra y Tumanyan (2007)	X			X	X
Gurnani <i>et al.</i> (2007)			X	X	X
Gunasekaran <i>et al.</i> (2008)			X		X
Stadtler (2009)			X	X	X
Soroor <i>et al.</i> (2009)	X			X	X
Ningxiong y Nozick (2009)	X	X			X
Seuring (2009)	X				X

Tal como se observa en la Tabla 1, la totalidad de los autores que estudian y desarrollan el concepto de cadena de suministro, consideran el intercambio de información en sus modelos. Seguidamente, se observa que la mitad de los autores, aproximadamente, tienen en cuenta las tecnologías de la información y el intercambio de información multinivel. Esto está en concordancia con los conceptos de cadena de suministro presentados en este sub-apartado, ya que la cadena de suministro debe privilegiar el hecho de que los nodos tengan acceso a la información de manera oportuna y en tiempo real, indistintamente del nivel en que se encuentren respecto del nodo (o los nodos) principal. Finalmente, las perspectivas IG y FM son las menos consideradas por los autores. Esto cobra sentido al entender que la cadena de suministro, como concepto, engloba muchos conocimientos que van intrínsecos a los procesos. Es decir, el hecho de que los materiales fluyan, así como que exista una integración geográfica, a nivel de cadena de suministro, son conceptos relevantes de estudio que van más allá de los procesos de planificación, los cuales ya tienen en cuenta esta información. De acuerdo con esto, la siguiente la sub-sección se centra en describir los procesos relevantes vinculados con el intercambio de información para introducir, desde un punto de vista más aplicado, el concepto de cadena de suministro.

2.2.2 INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Se entenderá por información aquellos datos útiles para desarrollar los procesos, por ejemplo de planificación, en la cadena de suministro. La información también podrá ser datos de salida (resultado de alguna explosión de materiales, por ejemplo). De esta manera, el intercambio de información se entenderá como el flujo y procesamiento de los datos para apoyar la gestión de la cadena de suministro y, por tanto, el proceso de toma

de decisión. El intercambio de información resulta ser una herramienta muy importante para lidiar con problemas frecuentes de la cadena de suministro como son, niveles de inventario excesivos o niveles de servicio bajos. Así, el intercambio de información ayuda a erradicar las incertidumbres potenciales vinculadas a los comportamientos inesperados de la cadena de suministro (**Ryu et al., 2009**). De hecho, **Gavirneni (2006)** establece que en presencia de intercambio de información, el rendimiento de la cadena de suministro se puede mejorar debido a las variaciones de precio que los proveedores pueden ofrecer.

El número de aportaciones bibliográficas en relación con el ámbito del intercambio de información es elevado. En la Tabla 2 se resumen 28 trabajos relacionados con dicho intercambio de información en la cadena de suministro. Estos trabajos son analizados en función de las siguientes dimensiones que son descritas en detalle en la Tabla 2:

- **Concepto.** Principios u objetivos que se consideran en el intercambio de información.
- **Orientación.** Sentido del flujo de información (vertical, horizontal, ambos).
- **Información compartida.** Información que se comparte.
- **Entorno.** Cadena de suministro o inter-empresa.
- **Niveles de la cadena.** Cliente, cliente-fabricante, cliente-fabricante-proveedor, etc.
- **SI.** Sistemas de información que considera, si lo considera.
- **Consideraciones principales del proceso.** Requerimiento establecido para el intercambio de información.

Tabla 2. Características relevantes del intercambio de información en la cadena de suministro.

Autor	Concepto	Orientación	Información Intercambiada	Entorno	Niveles de la cadena	SI	Consideraciones principales del proceso
Zhao et al. (2002)	Intercambio de informaciones de aprovisionamiento y demanda.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovisionamiento • Demanda 	Cadena de suministro	2 (Detallista y proveedor)	Simulador programado en C++.	El detallista intercambia sus previsiones de demanda con el proveedor, quien lo utiliza como necesidades brutas en las decisiones de fabricación.
Raghunathan (2003)	El valor del intercambio de información es mayor mientras más nodos de la cadena de suministro intercambien información.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	Cadena de suministro	2 (Detallista y fabricante)	EDI	Utilización del concepto “ <i>Shape value</i> ” de la teoría de juegos para analizar los intercambios de información esperados entre detallistas y fabricantes.
Narasimhan y Nair (2005)	En entornos de tipo JIT, la proximidad física entre clientes y proveedores implica favorecer el intercambio de información y por tanto mejorar el nivel de respuesta frente a cambios en la demanda.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	Cadena de suministro	2 (Cliente y proveedor)	No específica	Se pueden obtener efectos positivos en la cadena de suministro se pueden obtener según: <ul style="list-style-type: none"> • Intercambio de información y confianza entre los proveedores. • Proximidad entre los nodos.
Kelle y Akbulut (2005)	Gestión de inventarios para apoyar la coordinación de la cadena de suministro.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	Cadena de suministro	3 (Cliente, fabricante, proveedor)	Sistema ERP genérico	El intercambio de información se puede llevar a cabo según tres perspectivas: <ul style="list-style-type: none"> • Tradicional o competitiva. • De asociación, políticas óptimas. • Cadena de suministro.

Autor	Concepto	Orientación	Información Intercambiada	Entorno	Niveles de la cadena	SI	Consideraciones principales del proceso
Chu y Lee (2006)	Reducir el coste de intercambiar información y aumentar el margen de beneficio, ya sea del distribuidor o vendedor, facilitará el intercambio de información entre los nodos.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda del mercado 	Cadena de suministro	3 (Fabricante, distribuidor y detallista)	Basado en RFID	Los nodos, según la información de la demanda de mercado que posean, deciden cuándo intercambiar información respecto a la demanda real a un coste dado antes que el proceso de fabricación comience.
Gavirneni (2006)	Mediante el establecimiento óptimo de las políticas entre los nodos de la cadena de suministro el rendimiento de ésta se verá mejorado.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda • Niveles de inventario 	Cadena de suministro	2 (Proveedor y detallista)	No especifica	La reducción en los costes de la cadena de suministro se podrá conseguir según: <ul style="list-style-type: none"> • Intercambio de las políticas de inventario. • Intercambio de los niveles de inventario.
Guo et al. (2006)	La previsiones del mercado ayudan a reducir los riesgos en la demanda y por tanto el efecto <i>Bullwhip</i> . Información más completa hacen que la cadena de suministro sea más eficiente.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos en la demanda. • Previsiones de la demanda 	Cadena de suministro	2 (Detallista y fabricante)	Sistema basado en Internet (XML)	Detallistas y fabricantes intercambian sus previsiones con el objetivo de mejorar sus procesos de toma de decisión.
Li y Lin (2006)	Una gestión adecuada en la cadena de suministro implica favorecer el intercambio de información, no obstante, no implica un aumento en la calidad de la misma.	Vertical Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamientos • Creencias • Políticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadena de suministro • Inter-empresa 	2 (Cliente y proveedor)	Sistemas basados en EDI y LAN	Los factores que clientes y proveedores han de tener en cuenta para generar un impacto positivo en el intercambio de información son: <ul style="list-style-type: none"> • Incertidumbre de los proveedores. • Intercambio de visiones. • Acuerdos entre los

Autor	Concepto	Orientación	Información Intercambiada	Entorno	Niveles de la cadena	SI	Consideraciones principales del proceso
							nodos.
Chatfield et al. (2007)	Mediante la utilización de diferentes formalismos de representación se puede modelar una cadena de suministro de forma más real.	Vertical Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento 	Cadena de suministro	5 (Cliente, detallista, vendedor, distribuidor y fabricante)	Sistema basado en multiagentes	Teniendo en cuenta el ciclo de vida de los pedidos, estos y otros ítems pueden ser representados según el formalismo <i>process-interaction</i> .
Ouyang (2007)	Teniendo en cuenta un proceso de intercambio de información en el ámbito de control de inventarios así como políticas de pedidos, será posible reducir efectos negativos como por ejemplo el <i>BullWhip</i> .	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Históricos de secuencias de pedidos. • Registros de los niveles de inventarios para todos los proveedores. 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica de multi-nivel	No especifica	Cuando la información se comparte a través de las cadenas de suministro, cada proveedor tiene acceso a la demanda y la información sobre el inventario de todos los proveedores.
Zhang y Zhang (2007)	La utilización de agentes intermediarios para apoyar el intercambio de información puede implicar aspectos positivos y negativos en la gestión de la cadena de suministro.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda • Órdenes 	Cadena de suministro	4 (cliente, detallista, distribuidor, fabricante)	<i>General Purpose Simulation System (GPSS)</i>	Se analiza el impacto en la gestión de la cadena de suministro teniendo en cuenta los tiempos de suministro y los parámetros de la demanda con y sin un agente intermediario.
Zhou y Benton Jr (2007)	Un intercambio de información efectivo entre los nodos de la cadena de suministro implica una relación directa con la gestión efectiva de ésta. De esta forma, la gestión de la cadena de suministro cobra mayor relevancia según el incremento del nivel de intercambio de información	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación • Producción 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica multi-nivel	ROMANA	El proceso, de forma general, consiste en que clientes y detallistas intercambian información en relación a los pedidos y a las disponibilidades actuales de los productos solicitados. Del mismo modo se intercambia información de demanda con los proveedores.

Autor	Concepto	Orientación	Información Intercambiada	Entorno	Niveles de la cadena	SI	Consideraciones principales del proceso
	aumente.						
Demirkan y Cheng (2008)	Mediante la utilización de sistemas ERP (proveedor de servicios e infraestructura) se podrá determinar los precios óptimos para un nivel de servicio dado y por tanto, incrementar los beneficios de la cadena de suministro.	Vertical Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad • demanda 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica multi-nivel	SAP R/3	La aplicación de infraestructura informa de la capacidad informática a la aplicación de servicios, quien es la que vende la aplicación al mercado.
Hernández et al. (2008)	El intercambio de información en los planes de producción, resulta ser el pilar fundamental de los flujos de decisión y productos en la empresa.	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda 	Intra-empresa	Proveedores	No especifica	Identificar los flujos de productos, informaciones y decisiones.
Martínez-Olvera (2008)	Para que el proceso de entrega de pedidos pueda ser gestionado de manera óptima, el nivel de intercambio de información entre los nodos de la cadena de suministro debe ser alto.	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Inventarios • Planes de producción • Planes de entrega 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica multi-nivel.	Estándar SMXD	El proceso se caracteriza por: <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de la estructura por la cual la información fluye. • Identificar los flujos de información y los recursos. • Identificar la cantidad de mensajes intercambiado.
Mukhopadhyay et al. (2008)	El impacto en la gestión de la cadena de suministro será positivo o negativo, en la de obtención de políticas óptimas si se considera un intercambio de información	Vertical Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Precio de producto • Precio de venta 	Cadena de suministro genérica	2 (Detallista y fabricante)	Internet en general	Para el caso de canales de distribución mixtos, se modela al fabricante de modo que es éste el que toma las decisiones de precio del producto y de

Autor	Concepto	Orientación	Información Intercambiada	Entorno	Niveles de la cadena	SI	Consideraciones principales del proceso
	coordinado o asimétrico.						venta al minorista. Por tanto, el detallista tomará las decisiones sobre el importe del valor añadido.
Son y Sheu (2008)	Los entornos colaborativos no pueden asegurar que existan desviaciones en la información intercambiada, así, a nivel de aprovisionamiento, el establecimiento de mecanismos de coordinación y la incorporación de políticas pueden disminuir dichas desviaciones.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> Políticas de aprovisionamiento 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica de cuatro niveles	Crystal Ball OptQuest	Teniendo en cuenta un escenario de tipo no colaborativo, las desviaciones vinculadas a las informaciones de aprovisionamiento se podrán disminuir a través de políticas de gestión de stocks.
Welker et al. (2008)	Los procesos de intercambio de información, en términos del tipo de información que se comparte, se relacionan con la complejidad de las condiciones de los procesos de negocio. Así, condiciones sencillas implicarán un intercambio de información limitado.	Vertical Horizontal	<p>Interna</p> <ul style="list-style-type: none"> Niveles de inventario Planificación <p>Externa</p> <ul style="list-style-type: none"> Información de productos Demanda Capacidades 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica basada en pequeñas y medianas empresas	Sistema ERP	<p>El intercambio de información entre clientes y proveedores considera tanto perspectivas externas como internas. Así, el procesamiento de pedidos se desarrolla como un proceso de integración logístico teniendo en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> Requisitos de la demanda. Niveles de producción deseados.
Wu y Cheng (2008)	En un entorno de cadena de suministro el intercambio de información dará lugar a reducciones tanto en el inventario así como en los	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> Niveles de inventario Costes 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica multi-nivel	No específica	Un proceso de revisión periódica de los pedidos se realiza en cada nodo de modo que cada nodo revisa sus niveles de inventario

Autor	Concepto	Orientación	Información Intercambiada	Entorno	Niveles de la cadena	SI	Consideraciones principales del proceso
	costes tanto para los distribuidores como para los fabricantes. No obstante, no se genera impacto alguno en el detallista.						respectivos e intercambia dicha información con los nodos aguas arriba.
Yao et al. (2008)	Mediante la decisión de compartir la información de manera vertical y horizontal entre detallistas y proveedores es posible conseguir precios de equilibrio y añadir valor a la cadena.	Vertical Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Costes 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica multi-nivel	No especifica	Teniendo en cuenta un producto genérico, el proveedor los vende a los minoristas. Así, el minorista añade un coste adicional al producto para luego vender el mismo al cliente. Cada minorista posee su propia información sobre dichos costes. De esta manera, cada nodo decide si comparte su información de manera vertical u horizontal con los demás nodos.
Balan et al. (2009)	Los flujos de información generan un impacto directo en los procesos de producción, control de inventarios y los planes de entrega. Sin embargo, las distorsiones en el flujo de información resultan ser un problema a tener en cuenta. Dicho impacto es medido por el Efecto Bullwhip.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Pedidos 	Cadena de suministro	5 (cliente, minorista, mayorista, fabricante, proveedor)	MATLAB	En el proceso de intercambio de información para el desarrollo de los cálculos de necesidades, la reducción de ambigüedades a nivel local, generará un impacto positivo en la reducción de ambigüedades a nivel global.
Brown et al. (2009)	El intercambio de información se traduce en reducciones de costes para las empresas.	Vertical Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Informaciones de créditos de empresa 	Empresas bancarias internacionales	Multi-empresas	No especifica	Existirán dos tipos de empresas, aquellas transparentes y aquellas opacas. En las primeras el flujo de información es más

Capítulo 2 – Estado del arte procesos colaborativos en la cadena de suministro

Autor	Concepto	Orientación	Información Intercambiada	Entorno	Niveles de la cadena	SI	Consideraciones principales del proceso
							fluido que en las primeras.
Yuan et al. (2009)	Los sistemas de información son de vital importancia para el desarrollo de operaciones de negocios. En este sentido, el intercambio de información, desde un punto de vista de estos sistemas, deben protegerse de posibles ataques que violen la seguridad y transparencia de los procesos de intercambio de información.	Vertical Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Transacciones comerciales 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica multi-nivel	No especifica	La seguridad de la información dependerá de lo protegidos que se encuentren los grupos y sub-grupos que comparten información. Para esto, el uso de anti-virus que sean capaces de lidiar con virus con diferentes permanencias temporales resulta de vitalidad para mantener la seguridad de la cadena.
Andersson et al. (2010)	Dado el creciente aumento de tendencias colaborativas entre los nodos de la cadena de suministro, el intercambio de información e integración de ésta, es un aspecto clave para la generación de planificaciones futuras.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de inventario • Flujos de productos 	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica multi-nivel	No especifica	Las sinergias entre los nodos de la cadena de suministro se consiguen en base a una gestión combinada de inventarios y transportes.
Chen and Kang (2010)	En los procesos de negocio, la demanda de los clientes cambia en base a los precios del comprador. Así, uno de los métodos efectivos para aumentar los beneficios totales es determinar el precio óptimo del comprador.	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Precios • Estrategias de producción • Estrategias de pedidos 	Cadena de suministro	2 (cliente, proveedor)	No especifica	Se establece un proceso de negociación de precios para determinar el óptimo de los precios, la estrategia de producción y los pedidos del cliente y el proveedor.
Gan et al. (2010)	En un entorno de cadena de suministro, la información	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Previsiones 	Cadena de suministro	Cadena de suministro	No especifica	Mediante la generación de contratos de penalidades

Autor	Concepto	Orientación	Información Intercambiada	Entorno	Niveles de la cadena	SI	Consideraciones principales del proceso
	que suele tener el minorista le permite generar previsiones que puede informar al proveedor. Siendo la única preocupación del minorista el hecho que el proveedor no disponga de un inventario suficiente para cumplir con sus pedidos.				genérica multi-nivel		por retraso de la demanda, la incertidumbre en la demanda será reducida y por tanto existirá menos incertidumbre en la cadena de suministro
Tong et al. (2010)	Tras existir accesos no autorizados a la información compartida en la cadena de suministro, se han de detectar aquellos usuarios con accesos y aquellos que no tienen accesos para aislar y combatir los accesos de éstos últimos de una manera más efectiva.	Vertical Horizontal	Conocimiento	Cadena de suministro	Cadena de suministro genérica multi-nivel	No especifica	Accesos no autorizados son controlados mediante tres capas de acceso secuencial y unidireccional, en las que se identifican las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Capa de miembros. • Capa de identificaciones de intrusos. • Capa de nodos.
Yu et al. (2010)	A través de las tecnologías de la información, los nodos podrán gestionar, de manera eficiente, el flujo de productos e información relacionados con: la capacidad de producción, demanda de los clientes y el inventario, de una manera más eficiente a un menor coste.	Vertical	Demanda	Cadena de suministro	4 (Detallista, distribuidor, fabricante y proveedor)	Rockwell Arena 5.0	Los intercambios de información de la capacidad, la demanda y la distribución, implican mejoras en los nodos de la cadena de suministro. No hacerlo, implica repercusiones negativas en el Efecto Bullwhip.

Según la Tabla 2, la mayoría de los autores tienen en cuenta una orientación vertical para soportar el intercambio de información. Es decir, consideran un intercambio de información de tipo clásico. Para este tipo de procesos, la información que se intercambia, en la mayoría de las veces, es la demanda de los clientes (estos aspectos cuantificados se ven en la Tabla 3, donde se reflejan las inclinaciones de los autores). En base a esto, será posible soportar los procesos de previsión y planificación de cada nodo en la cadena de suministro. Además, se intercambian otras informaciones importantes, como son: precios, niveles de inventario, capacidades, etc. Seguidamente, la orientación que consideran los intercambios de información son, en su mayoría, de tipo vertical, esto quiere decir que tienen en cuenta un entorno jerárquico en los flujos de información, teniendo que transmitirse nivel tras nivel, por ejemplo de cliente a fabricante, de fabricante a proveedor, etc. Por otro lado, la orientación horizontal, en la que la información de un mismo nivel se comparte, ya sea a nivel de cadena o a nivel de intra-empresa, donde además se tomarán decisiones de planificación a nivel estratégico, es la menos considerada por los autores.

Tabla 3. Resumen del intercambio de información en la cadena de suministro.

Información	Orientación del intercambio de información		Niveles de la cadena de suministro			
	Vertical	Horizontal	2	3	4	G
Aprovisionamiento	★★★★		★★★			★★
Capacidad	★★★★	★★				★★★★★
Demanda	★★★★	★	★★★★	★★	★★	★★
Inventario	★★★★	★	★★		★★	
Órdenes	★★★★				★★	★★★★
Planificación	★★	★★				★★★★★
Políticas	★★	★★	★★			★★
Precios	★★★★	★★	★★★★			★
Previsiones	★★★★		★★			★★

Tal y como se observa en la Tabla 3 (donde cada estrella de color negro representa un 25% de las consideraciones de los autores, teniendo en cuenta que un autor puede considerar más de una opción), existe una clara tendencia hacia considerar orientaciones de tipo verticales. Mayormente, como ya se visualizó en la Tabla 2, esta orientación tiene una alta relevancia en elementos informaciones como el aprovisionamiento, la demanda, órdenes y provisiones. Para el caso de la orientación horizontal, se observa que aspectos como: capacidades, planificación, políticas y precios, cobran

mayor relevancia. Finalmente, en relación al intercambio de información considerada por los autores estudiados, es posible detectar que la configuración de cadena de suministro con niveles genéricos (es decir, que no se especifica un número de niveles dados) es la que cobra mayor importancia en los trabajos presentados. Estando en segundo lugar, las configuraciones de dos niveles y en último lugar las de tres y cuatro niveles. Por lo que se aprecia que existe una clara inclinación hacia formalizar las problemáticas del intercambio de información desde un punto de vista más genérico. No obstante, resulta importante definir, o más bien diferenciar, estas combinaciones diferentes de niveles de cadena de suministro. A estas diferentes combinaciones se les denomina topologías de cadena de suministro. De esta manera, el siguiente sub-apartado presenta una revisión de los autores que han definido diferentes tipos de topología de manera explícita, con la idea de encontrar configuraciones de topologías genéricas que servirán como apoyo al modelado conceptual y la propuesta de arquitectura empresarial de la presente tesis en el Capítulo 5 y Capítulo 6, respectivamente.

2.2.3 TOPOLOGÍAS

Se consideran en este apartado, las topologías de cadena de suministro relacionadas con las configuraciones, a nivel de flujo de información, que un grupo de empresas o nodos (vinculados por algún proceso o cadena de demanda) considera. Es importante tener en cuenta que el concepto de topología, para el caso de la presente Tesis, será un concepto utilizado para definir la estructura de la cadena. Por lo tanto, este concepto de topología se puede ver desde muchos puntos de vista, por ejemplos desde la perspectiva de los flujos de información, las ubicaciones geográficas de cada empresa o nodo, o desde un punto de vista sistémico (a nivel de procesos de negocio). En este sentido, **Yourdon's (1989)** establece que las características de la cadena de suministro se enmarcarían, principalmente, en cuatro principios generales desde un punto de vista de los sistemas de información. Éstos son:

- Mientras más especializada o compleja sea la configuración (o sistema), menos adaptable al entorno será.
- Mientras más grande sea el sistema, más recursos se requerirán para soportarlo, esto bajo la perspectiva de que el crecimiento suele ser no-lineal antes que lineal.
- Las estructuras de cadena de suministro, suelen formar parte de otras estructuras más grandes.
- El crecimiento de un sistema puede considerarse desde dos puntos de vista, tanto en términos de tamaño como a nivel de complejidad estructural.

Simatupang y Sridharan (2005) establecen que, en entornos donde los nodos estén dispuestos a colaborar y por tanto a intercambiar información, la colaboración se podrá categorizar en tres índices:

- **Intercambio de información.** Teniendo en cuenta las configuraciones de cadena de suministro que puedan existir, o que se

puedan identificar, el intercambio de información se referirá al acto de capturar y diseminar a tiempo la información relevante para apoyar los procesos de toma de decisión y el control de las operaciones de la cadena de suministro.

- **Sincronización de las decisiones:** Esta dimensión se refiere a las decisiones conjuntas de planificación. Así, en los diferentes entornos de cadena de suministro, la planificación integrará decisiones, por ejemplo, para la selección de mercados, niveles de servicio, previsiones, etc. De esta manera, la integración también podrá ser a nivel operativo, donde los aspectos como la programación, o los aprovisionamientos podrán ser considerados por las cadenas de suministro.
- **Generación de incentivos:** Los incentivos que se pueden tener en cuenta para definir las estructuras de la cadena de suministro se refieren a la consideración de intercambio de beneficios, costes e incluso riesgos.

Por lo tanto, según estos índices, la estructura de cadena de suministro (o topología) el flujo de producto en toda la cadena hasta el cliente final se verá favorecido. Así, por ejemplo, **Stock et al. (2000)** analizan la congruencia que existirá entre las empresas con una capacidad de integración logística y las diferentes estructuras de cadena de suministro. De esta manera, se estudia la posibilidad que las redes de organizaciones dispersas puedan adoptar diferentes prácticas empresariales logísticas para conseguir un alto nivel de rendimiento. Por lo tanto, para dar solución a esta problemática, **Stock et al. (2000)** establecen que serán tres las características que la topología de cadena de suministro deberá considerar como son: los canales de distribución, las integraciones logísticas y el comportamiento organizacional. De esta manera, será esperable que, ciertas combinaciones de topologías de cadena de suministro y la integración logística implicarán un incremento en el rendimiento de las empresas.

En este mismo sentido, **Ernst y Kamrad (2000)** proponen un marco conceptual (ver Figura 1) para evaluar diferentes topologías de cadena de suministro bajo un contexto de *modularización* y aplazamiento de pedidos. Así, según este contexto, las topologías podrán ser de cuatro tipos (u orientaciones):

- **Rígidas.** No permiten cambios en los flujos de productos.
- **Pospuestas.** Consideran retrasos en los flujos productos.
- **Modulares.** Los productos y los flujos de éstos tendrán un punto de intersección de modo que varios nodos son responsables de llevar las piezas al punto de ensamblaje.
- **Flexibles.** Los flujos de productos se podrán ir adaptando según las condiciones de los demás nodos de la cadena de suministro.

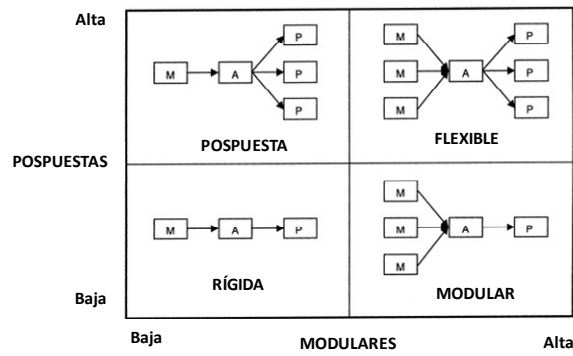


Figura 1. Topologías según el flujo de productos. (Fuente: **Ernst y Kamrad (2000)**).

Por lo tanto, según la flexibilidad o rigidez de la cadena la estructura a tener en cuenta será diferente. Así, el grado de *modularización* que se considere implicará las integraciones verticales u horizontales que se habrá de tener en cuenta. Esto, por ejemplo, se podrá ver afectado por las demandas de los clientes, o por los diseños de los productos que existan en dichas cadenas. Además, según el grado de centralización o descentralización, la logística del sistema podrá considerar operadores logísticos o no. De esta manera, tal y como lo plantean **Beamon y Chen (2001)**, para cualquier tipo de cadena de suministro, cada nivel funcional implicará un eslabón, donde se podrán alojar muchos nodos en el mismo eslabón. Por lo que la complejidad de la cadena estará dada según: el número de nodos y eslabones, así como la estructura de los flujos de materiales e información. Con lo cual, la clasificación de las topologías de la cadena (ver Figura 2) dependerá de las relaciones existentes entre los flujos de materiales para cada nodo, y serán de tipo: convergente, divergente, conjunta y general.

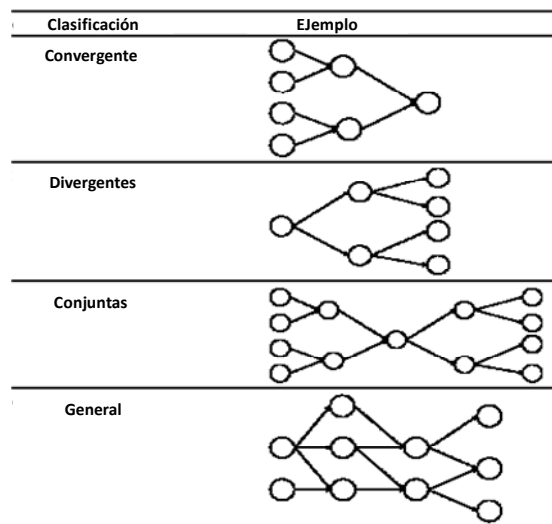


Figura 2. Topologías según la estructura de la cadena de suministro. (Fuente: **Beamon y Chen (2001)**).

La clasificación presentada en la Figura 2 para cada tipo de estructura de cadena de suministro se comenta a continuación.

- **Convergente.** Las topologías de tipo convergente serán aquellas en las que cada nodo de la cadena tiene como máximo un nodo sucesor, pero puede tener cualquier número de nodos predecesores.
- **Divergentes.** Las cadenas de suministro considerarán una topología de tipo divergente en el caso de que cada nodo posea como máximo un nodo predecesor, pero un número de sucesores sin límite.
- **Conjuntas.** Este tipo de estructura resultará de la unión entre las topologías convergentes y divergentes.
- **General.** La estructura de tipo general es aquella que no recae en ninguno de los tres tipos anteriores.

Adicional a lo anterior, **Liu y Kumar (2003)**, desde un punto de vista de las topologías interorganizacionales para los sistemas de información, indican que la cadena de suministro se podrá clasificar en tres tipos (ver Figura 3) según las interdependencias interorganizacionales (o el intercambio de información): secuencial, recíproca y *hub*.

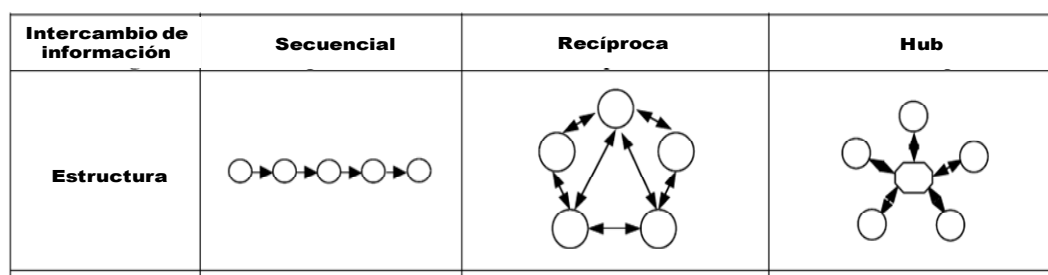


Figura 3. Topologías según el tipo de intercambio de información (Fuente: **Liu y Kumar (2003)**)

Estos tipos de topologías, como se ha visto en la Figura 3, tienen que ver con los flujos de información, y por tanto con el sentido de este flujo, y se describen a continuación:

- **Secuencial.** En este tipo de cadena el flujo de información es secuencial y cada nodo puede establecer sus propios protocolos de comunicación no siendo necesario tener en cuenta estructuras estándares para el intercambio de información.
- **Recíproca.** Se trata de una topología de cadena de suministro en la que el flujo de información es bidireccional y cada nodo podrá comunicarse con los demás.
- **Hub.** Teniendo en cuenta un eje central que servirá como intermediario entre los nodos de la cadena, esta topología es aquella que soporta los flujos de información por medio de tecnologías de la información como es el caso de internet. De esta forma, el intermediario coordina a los nodos y los mantiene informados respecto a las decisiones que van surgiendo en la cadena.

De esta manera, resulta claro que la topología de la cadena se verá influenciada por el tipo de nodo que la gobierna y participa en ella. Así, según los niveles, eslabones y/o nodos que conformen la estructura de la

cadena de suministro, el proceso de añadir valor a la misma será más o menos dinámico. Esto quiere decir que, tal y como argumentan **Mikkola y Skjøtt-Larsen (2004)**, los proveedores de primer nivel jugarían un rol importante en la creación de valor para las entradas del sistema, debido a que ellos están más propensos a invertir en los productos que finalmente suministrarán a los nodos cliente y porque además están, usualmente, a cargo del proceso de pedir los materiales a los proveedores de segundo nivel. Por lo tanto, es claro que para establecer alguna estructura de cadena de suministro será importante identificar a los nodos que, estratégicamente, añadan valor a la cadena.

Teniendo en cuenta lo anterior, **Ivanov et al. (2010)** plantean que uno de los problemas principales que enfrentan las cadenas de suministro hoy en día son los constantes cambios que las estructuras de tipo múltiple deben soportar, ya que además de la estructura otros elementos se ven afectados como son los parámetros de planificación, las decisiones, los objetivos, etc. y, por tanto el ciclo de vida de la cadena se verá directamente afectado según la topología considerada. De esta manera, a nivel multi-estructural, la cadena de suministro estará compuesta por diferentes estructuras y sus interrelaciones (ver Figura 4). Por lo que, a diferentes niveles de la evolución de una cadena de suministro, los elementos, parámetros e interrelaciones cambiarán.

Estructura cadenas de suministro	Dinámica de la estructura de cadena de suministro			
	$S_0^{(\delta)}$	$S_1^{(\delta)}$...	$S_K^{(\delta)}$
Estructura por productos			...	
Estructura funcional y de procesos de negocio			...	
Estructura en base a la ubicación de los nodos			...	
Estructura según las operaciones de los productos tecnológicos			...	
Estructura geográfica			...	
Estructura de acuerdo a los flujos de información			...	
Estructura según los niveles de costes y beneficios en la cadena de suministro			...	

Figura 4. Estructuras de cadena de suministro según el dinamismo de los nodos (Fuente: **Ivanov et al. (2010)**)

Así, bajo este concepto de que la estructura de cadena de suministro irá cambiando según ésta evolucione en el tiempo a nivel de sus parámetros y procesos en general, podrán coincidir las siguientes estructuras:

- Estructura por productos.
- Estructura funcional y de procesos de negocio.
- Estructura en base a la ubicación de los nodos.
- Estructura según las operaciones de los productos tecnológicos.
- Estructura geográfica.
- Estructura de acuerdo a los flujos de información.
- Estructura según los niveles de costes y beneficios en la cadena de suministro.

De esta manera, tal como expresa **Ivanov *et al.* (2010)**, el diseño de la cadena de suministro, así como la planificación táctica de la misma, podrá ser modelada de manera simultánea si se tienen en cuenta la estructura de la cadena, por lo cual siempre será beneficioso considerar una estructura de cadena que se corresponda con el entorno actual de ejecución de las operaciones de la cadena de suministro. Así, tal como es expuesto por **Cai *et al.* (2009)**, se destaca que, además, de la configuración de la cadena, otros aspectos son igual de relevantes, por ejemplo, la seguridad, la visibilidad y la eficiencia de la cadena. Para esto, y teniendo en cuenta las cantidades diferentes (topologías) de cadenas de suministro que pueden existir, se plantea una solución basada en que la cadena ha de considerarse como elementos mínimos para soportar la seguridad en la misma los siguientes nodos: un nodo que posea la autoridad, nodos independientes que se sometan a las autoridades correspondientes, elementos de seguridad vinculados a éstos y un sistema de información que integre los permisos e informaciones vinculadas a los procesos, por ejemplo de planificación de la producción, de la cadena de suministro. Esta configuración se plantea de forma genérica para cualquier tipo de topología de cadena de suministro como son de tipo: globales, logísticas, tipo *vendor*, colaborativas y redes genéricas.

Adicional a lo anterior, es importante identificar las decisiones que están intrínsecas en la elección de la configuración de una cadena de suministro. Por ejemplo, **Christiaanse y Kumar (2000)** definen que son cuatro los elementos a tener en cuenta: la elección de los nodos que participarán, la definición de los mecanismos de gestión, la estructuración de las actividades y la elección de las estructuras de coordinación de la cadena. Estas decisiones variarán, por ejemplo, según el tipo de tipología (secuencial o de red) y del tipo de producto. Por ejemplo, algunos tipos de cadena de suministro estarán más adaptados a los cambios en el entorno por ejemplo, a la incertidumbre en la demanda) que otros, por lo que la coordinación en la cadena de suministro resulta ser un factor crítico en cuanto a su gestión. Incluso, dependiendo del tipo de cadena, se podría requerir un rediseño en cuanto a la comunicación de la información y a las estructuras de coordinación. Seguidamente, **Caddy y Helou (2007)** presentan algunos ejemplos de topologías de cadena en el mundo real, por ejemplo:

- **Tipo rueda.** Entre las que se encuentran General Motors, Ford, DaimlerChrysler, entre otros.
- **Tipo red.** StorebrandXchange, industria de la salud, fabricantes de motores de vehículos, etc.

Por lo tanto, está claro que las estructuras de cadena de suministro son muchas y variadas, así que la idea de conseguir un solo tipo de estructura de la cadena de suministro que cubra todo tipo de necesidades, flujos, requerimientos, parámetros y decisiones, no sería algo realista (Caddy y Helou, 2007)).

De acuerdo con lo anterior, Pathak *et al.* (2007) establecen una serie de ejemplos de estructuras con su entorno de aplicación. De esta manera, se puede decir que, a nivel de categorías de cadena de suministro, se podrán encontrar las siguientes:




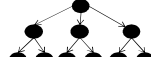
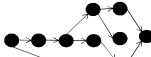
- **No estructura.** Es decir, un conjunto de nodos independientes. Un caso de esto se vería representado por entornos autosuficientes.
- **Centralizada.** Todos los nodos orientan sus flujos, ya sea de productos y/o información, a un único nodo central. Un ejemplo de esto se visualiza a través de la empresa de ventas por internet eBay.
- **Lineal.** Los nodos se comunican de forma secuencial unos con otros teniendo en cuenta un sentido secuencial del flujo de información y de productos. Casos que entran en esta categoría son las industrias del sector del petróleo.
- **Plana.** Es aquella cadena en la que múltiples compradores y proveedores se comunican directamente, por ejemplo, el caso de la industria de la floristería.
- **Jerárquica.** Ésta se compone por nodos jerárquicamente superiores a nivel de flujos de información, principalmente. Este es un caso clásico de topología de cadena de suministro.
- **Federadas.** Implica una topología de cadena en la que una empresa o nodo puede ser comprador y proveedor de los mismos grupos de clientes. Un ejemplo de este tipo de topología se puede encontrar en la industria de defensa y de la computación personal.

Estas listas de topologías (o estructuras de cadena) cubren gran parte de las topologías de la cadena de suministro actualmente existentes, y es posible ya detectar ciertos patrones que se pueden utilizar para, por ejemplo, construir nuevas topologías de cadena de suministro que cubran diferentes problemáticas. Por lo que, dadas las aportaciones estudiadas, la Tabla 4 presenta un resumen con las aportaciones principales de los autores en cuanto a patrones de topologías que se podrán tener en cuenta en estudios futuros a modo de clasificación. Las dimensiones bajo la cual se presentan estos patrones son:

- **Representación.** Muestra una expresión gráfica de la representación de la cadena de suministro.

- **Nombre.** Es el nombre que recibe la topología.
- **Acrónimo.** Nombre que se utilizará para referenciar el patrón de topología definido en futuros sub-apartados del presente capítulo.
- **Flujo de información.** Tal como se vio en la Tabla 3 de flujos de información, este flujo podrá ser tanto vertical (V) como horizontal (H).
- **Niveles.** Las diferentes topologías, como ya se mencionó anteriormente, se podrán adaptar a configuraciones particulares, es decir, dependiendo de los niveles que existan, una topología será más adecuada que otra.
- **Complejidad.** La complejidad vinculada a la gestión de los procesos de planificación de las cadenas, según sus diferentes topologías podrá ser: baja (♠), media (♠♠) y alta (♠♠♠). Este criterio ha sido extraído a partir de todas las referencias hasta este punto estudiadas.

Tabla 4. Topologías de la cadena de suministro.

Representación	Nombre	Acrónimo	Flujo de información	Niveles	Complejidad
	Diádica	T1	V	≤ 2	♠
	Rueda	T2	V/H	≤ 2	♠♠♠
	Secuencia	T3	V	$2 \geq$	♠♠
	jerárquica	T4	V	≤ 2	♠♠
	Árbol	T5	V	$2 \geq$	♠♠
	Red	T6	V/H	$2 \geq$	♠♠♠

La clasificación propuesta en la Tabla 4 está basada en cómo el flujo de información se transmite en la cadena, y no tiene en cuenta los aspectos de las ubicaciones geográficas. A modo de patrón de topología de cadena, se ha visto que la mayoría de las topologías, tanto las estudiadas por los autores como las propuestas en la Tabla 4, consideran una orientación vertical del flujo de información (tal como ya visto en el apartado 2.2.2 de flujos de información). Así, esta clasificación propuesta se describe a continuación:

- **Diádica.** Serán aquellas configuraciones cuyos procesos de comunicación considerará una relación uno a uno.
- **Rueda.** Existiendo un nodo central, los nodos de niveles inferiores se podrán comunicar entre ellos.
- **Secuencia.** Existe un orden en el flujo de información teniendo en cuenta un sentido, que será unidireccional.

- **Jerárquica.** Considera relaciones en las que ciertos nodos inician los procesos y, por tanto, activan las acciones de los demás nodos que, por lo general, se ubican en niveles inferiores.
- **Árbol.** Existirá un solo nodo superior, de forma que todo los demás nodos actuarán para poder cumplir/satisfacer su demanda.
- **Red.** Será cualquier tipo de configuración que no considere una topología definida.

De esta manera, teniendo en cuenta los conceptos de cadena de suministro, planificación, intercambio de información y topologías, se ha visto cómo la cadena de suministro, en general, engloba muchas perspectivas que se han de tener en cuenta para su gestión, por ejemplo de los flujos de materiales, información y decisión. También para tratar aspectos como la logística, la planificación de la producción y de los recursos.

2.3 PROCESOS COLABORATIVOS EN CADENAS DE SUMINISTRO

2.3.1 LA COLABORACIÓN COMO APOYO A LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

El concepto de colaboración, se ha ido convirtiendo en un tópico de mucho interés de modo que cada día más se vincula con temas asociados a la fabricación, las ventas, la gestión de clientes o los transportes (**Mentzer et al. 2000**). Adicional a lo anterior **Dudek y Stadtler (2005)** comentan que la gestión de la cadena de suministro, bajo entornos colaborativos, debe considerar la gestión de múltiples relaciones existentes en la propia cadena como por ejemplo, tal como plantea **Christopher (1998)**, las redes de organizaciones involucradas en la creación de productos y servicios finales para el cliente final. En este sentido la gestión colaborativa de la cadena de suministro considerará varios procesos de negocio que serán de relevancia para el cliente y, de acuerdo a **Cooper et al. (1997)**, es lo que se tiene en cuenta para el establecimiento de la estructura de la cadena de suministro. Es por esto que la planificación y control de operaciones (producción, distribución, almacenaje) resultan factores críticos par el apoyo de la gestión colaborativa de la cadena de suministro. Adicionalmente, **Rohde et al. (2000)** identifica varias tareas asociadas con la planificación y que resultan de mucho interés dada la organización jerárquica que le asocia a dichas planificaciones. De esta manera **Rohde y Wagner (2002)** establecen que a nivel operacional las tareas asociadas con el maestro de planificación presenta un rol crucial debido a que apoya la consecución del balance entre los proveedores y la demanda en el horizonte de planificación y permite sincronizar las operaciones a lo largo de la cadena de suministro. Por lo tanto, la colaboración en la cadena de suministro abordará el conjunto de dominios funcionales que definen la interacción entre los nodos, es decir: las actividades a desarrollar, las condiciones y las secuencias para su ejecución (**Hernández et al., 2009b**).

Otro aspecto importante asociado con el concepto de cadena de suministro colaborativa lo proporcionan **Charu et al. (2007)**, quienes

plantean que el intercambio de información es un factor relevante para los procesos vinculados a la gestión de la cadena de suministro. En este sentido, el tipo de información que se requiere dependerá del tipo de problemática de la cadena de suministro que se quiere modelar. Para esto, según los autores, resulta necesario establecer una taxonomía que ha de considerar (para resolver problemáticas asociadas a la gestión de la cadena de suministro) aspectos como: la clasificación de la problemática de la cadena de suministro, la clasificación de las metodologías orientadas a dar una solución a dichas problemáticas y la clasificación jerárquica de las variables y factores necesarios para lidiar con las problemáticas establecidas.

Así es como para que los procesos se puedan llevar a cabo, ya sea en un contexto centralizado o descentralizado, es necesario que los nodos de la cadena colaboren entre ellos. **Byrne y Heavey (2006)** a partir de su estudio para medir el impacto que la colaboración generaría en los nodos de la cadena de suministro (en el sentido de compartir información o generar previsiones en función de la información que les proporcionan los demás nodos), demostraron que todos los nodos resultan beneficiados, esto es debido a que los tiempos de entrega son mucho más precisos, con lo cual es posible responder mejor a los requerimientos del cliente (muchas veces, cambiantes). En este sentido, una cadena de suministro se conformará por entidades o nodos que han de estar dispuestos a colaborar (**Lin et al., 2006**). Es por esto que **Tang (2006)**, al desarrollar un estudio del impacto de los riesgos asociados a la cadena de suministro, demuestra que los aspectos vinculados a la gestión de: la cadena de suministro, la demanda, los productos y la información, considerando los procesos de coordinación y colaboración, ayudan a mitigar el riesgo asociado a, por ejemplo, las variabilidades elevadas en la demanda. Así es como **Vonderembse et al. (2006)** establecen que los beneficios que se pueden obtener a partir de una planificación desde el punto de vista colaborativo son:

- Reducción en los tiempos de ciclo.
- Mayor flexibilidad en los procesos asociados a los pedidos y las entregas.
- Disminución de los niveles de inventarios.

También, en el caso de que se requieran recursos, y no estando éstos disponibles, una planificación adecuada apoyará al intercambio de recursos entre los nodos de la red de suministro (**Binder y Clegg, 2007**). Respecto a la generación de productos de calidad, **Li et al. (2007)** plantean que la colaboración entre las funciones y los proveedores y los clientes apoyará a la disminución de los costes operacionales y, por consiguiente, a la generación de procesos de colaboración más eficientes.

En este sentido, al extender los conceptos de colaboración a los procesos de planificación (ver Tabla 5), surge el concepto denominado planificación que **Zice et al. (2001)** definen como el concepto que establece que el comportamiento de un cliente es comunicado al instante entre los nodos de la cadena de suministro, lo que facilitará el desarrollo de interpretaciones

por parte de los nodos, quienes se podrán adaptar de manera mejor a lo que ocurra en el entorno. Por otra parte, **Huiskonen (2001)** establece que el desarrollo de una planificación colaborativa favorece tanto la gestión con los clientes como la gestión de los inventarios. En este sentido, **Alarcón et al. (2004)** plantean que las ventajas principales de la utilización de la planificación colaborativa están relacionadas con la reducción del Efecto *bullwhip*, reducción de los costes, reducción de los inventarios, reducción de los tiempos de ciclo y mejora de la satisfacción del cliente, mientras que los inconvenientes se relacionan con el esfuerzo y/o costes que requiere la cooperación y la coordinación, con el hecho de tener de compartir información y con la pérdida de autonomía. Así mismo, **Berning et al. (2004)** establecen que las metas que debe perseguir el desarrollo de una planificación que considere un intercambio de información para promover la colaboración entre los nodos se han de orientan a:

- Generar transparencia en los procesos productivos.
- Reducir los tiempos de respuesta.
- Minimizar los conflictos potenciales entre los nodos.
- La utilización efectiva de los inventarios.

En este mismo sentido, **Disney et al. (2004)**, por su parte, concluyen que para apoyar los procesos de planificación en un contexto colaborativo es posible considerar una gestión de inventarios de tipo *vendor*, lo que ayudará a desarrollar los procesos de la planificación, la previsión y el aprovisionamiento para hacer más efectivas las respuestas a los clientes. **Li et al. (2005)** establecen que los procesos B2B (*business-to-business*) se ven favorecidos cuando el proceso, al cual se circunscriben, considera un diseño colaborativo orientado a favorecer los procesos de planificación y, por tanto, los intercambios de información. Es por esta razón que las actuales tendencias de las empresas, frente al éxito en la disminución de los costes, el aumento en la eficiencia, la efectividad frente al desarrollo de los procesos y la capacidad de respuesta a las demandas de los clientes, es la de favorecer los procesos colaborativos tanto para la planificación como para la previsión y el aprovisionamiento (**Terwiesch et al. 2005**), para lo que es necesario considerar políticas y esquemas de intercambio de información que favorecen la colaboración entre los componentes (o nodos) de las redes de suministro (**Tang, 2006**).

Tabla 5. Características de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Entorno	Decisiones	Configuración	Objetivo
Centralizado	<ul style="list-style-type: none"> • Localización • Producción • Compras • Inventario • Transporte • Niveles óptimos. 	La cadena considera, por lo general, una empresa virtual (también puede ser un nodo) que desarrolla el proceso de planificación de la cadena.	Desarrollar los procesos de planificación teniendo en cuenta las informaciones y las restricciones que cubran las características de todos los nodos de la cadena.
Descentralizado	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación entre nodos. • Acceso a la información. • Información a compartir. • Identificación de nodos colaborativos y no colaborativos. • Niveles óptimos de la cadena. 	Cada nodo de la cadena se encarga de desarrollar sus procesos de planificación teniendo en cuenta la información de los nodos de la cadena.	Identificar los nodos cliente colaborativos y no colaborativos de modos que, según la característica del nodo, se desarrolla el proceso de planificación con información total o parcial. Con esto, las decisiones se tomarán en base a una agregación de información y, por tanto, se obtendrá una información de salida más ajustada.

2.3.2 PROCESOS COLABORATIVOS RELEVANTES DE ESTUDIO

En relación con los procesos colaborativos en la cadena de suministro, es posible destacar que la colaboración contribuye a lograr una gestión eficaz de la información. Esto, por su parte, apoya de forma general a los procesos de toma de decisión de la empresa bajo los cuales es posible medir el impacto de estas perspectivas colaborativas. En la mayoría de los casos, la colaboración se relaciona con el cómo y el cuándo los pedidos deben establecerse y, por tanto, cuando han de enviarse a los proveedores, teniendo en cuenta la anticipación respectiva que generan los procesos de previsión (**Hernández *et al.*, 2011**). Por lo tanto, tal y como se ha mencionado en las secciones anteriores, la colaboración en la cadena de suministro se puede ver o entender de diferentes maneras. Esquemáticamente, la Figura 5 presenta los aspectos destacables de los procesos colaborativos a estudiar en este apartado así como sus relaciones.

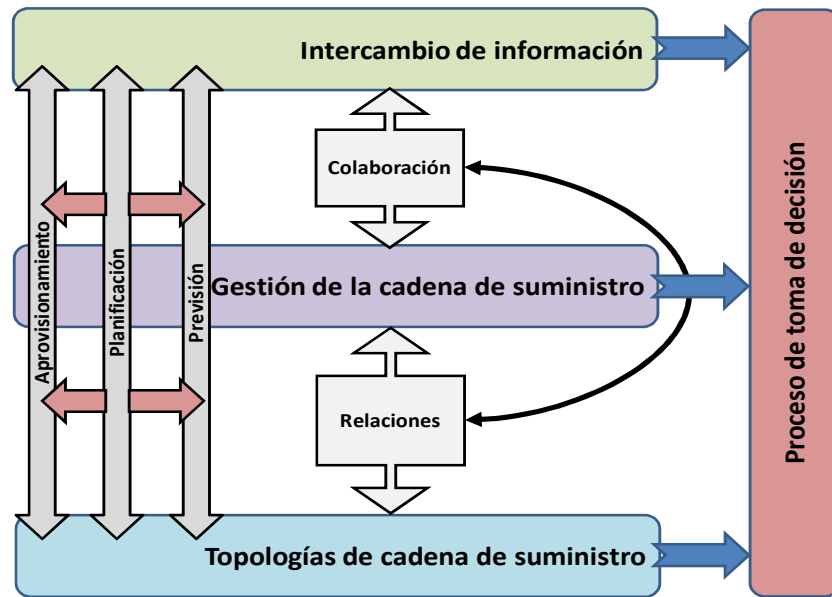


Figura 5. Procesos colaborativos de estudio.

Así, de la Figura 5 se puede extraer que, para los entornos colaborativos serán tres los factores a tener en cuenta (intercambio de información, gestión de la cadena de suministro y las topologías). Estos factores se relacionarán entre sí para soportar los procesos que se llevan a cabo en la cadena de suministro. Tres serán los procesos para los entornos colaborativos la cadena de suministro: planificación, previsión y aprovisionamiento. De esta manera, el proceso de planificación se presentará como el núcleo central de los dos últimos, debido a que será en base a la planificación y a las decisiones que partir de ahí se tomen que los procesos de previsión y aprovisionamiento cobrarán relevancia. Así mismo, la colaboración y las relaciones que se establezcan estarán estrechamente vinculadas para poder dar soporte a los procesos de toma de decisión. Por lo tanto, los siguientes sub-apartados relatarán la información relevante verificada en la literatura en relación a los procesos de planificación, previsión y aprovisionamiento, los cuales serán analizados en conjunto según sus implicaciones, orientaciones y vínculos a las topologías estudiadas y propuestas al final de este capítulo (apartado 2.4).

2.3.2.1 EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN COLABORATIVA

En un entorno de planificación colaborativa, en donde los participantes suelen tener características heterogéneas, resulta inevitable que surjan discrepancias entre ellos, lo cual se traduce finalmente en la generación de conflictos durante el proceso de planificación. Así, en estos casos, es importante que los participantes consideren negociaciones de tipo colaborativas para apoyar la resolución de aquellos conflictos que se produzcan entre ellos para que, de una manera más efectiva, se pueda definir la composición de los planes y objetivos intercambiados (Chucarro y Carberry, 2000). Por su parte, Holweg *et al.* (2005) consideran que la creación de cadenas/red de suministro de tipo sincronizadas ayuda a incrementar el nivel de responsabilidad y a disminuir los costes de inventario. Así, a pesar de todo lo que se puede esperar de un proceso de

planificación colaborativa, los autores plantean que la colaboración no es entendida del todo, puesto que las interpretaciones de su significado pueden variar según la empresa o la cadena de suministro que las considere. Para algunos, la colaboración implica simplemente la consideración de niveles de stock, para otros resulta una filosofía para desarrollar los procesos de aprovisionamiento y producción a través de los diferentes niveles de la cadena de suministro. Por consiguiente, uno de los supuestos importantes para justificar un proceso de planificación colaborativa es que tanto los detallistas como los fabricantes requieren generar de manera conjunta y colaborativa los planes para conseguir una previsión mejor de sus ventas y las configuraciones estratégicas más adecuadas (**Juang, 2007**). Por lo que la colaboración en la cadena de suministro se puede entender desde muchas perspectivas, pero de forma general, persigue un objetivo común que se traduce en crear transparencia y visibilidad en los patrones de demanda en la cadena de suministro completa. En este sentido, para favorecer la resolución de problemas de planificación colaborativas, los autores (**Chu-Carroll y Carberry, 2000**) establecen que la incorporación de mecanismos basados en la planificación resulta un apoyo para los procesos de planificación de acciones de tipo comunicativas, lo cual se traduce en la captura de la esencia recursiva de los modelos de planificación. Así, el modelo propuesto por los autores se centra en la comunicación y negociación entre los aspectos computacionales y humanos, quienes, de forma tanto directa como indirecta se encuentran colaborando en la elaboración de los planes a ser ejecutados posteriormente. De acuerdo con lo anterior, **Holmström et al. (2002)** comentan que uno de los retos principales que las compañías proveedoras, en un entorno de cadena de suministro colaborativa en cuanto a planificación, la previsión y la aprovisionamiento, se centra en cómo obtener las previsiones de los compradores, especialmente cuando este requerimiento no ha sido necesario en situaciones anteriores. Así, para favorecer dicha colaboración, resulta necesario el establecimiento de indicadores que permitan ilustrar más fielmente los beneficios de los procesos colaborativos, así como la consideración de arquitecturas y software que den soporte a los procesos de planificación colaborativa. En este contexto, uno de los requerimientos importantes para soportar lo anterior es la medición adecuada de los procesos de previsión, puesto que esto permite fortalecer los procesos de comunicación entre los proveedores y los clientes.

Así mismo, de acuerdo con los resultados de **Petersen et al. (2005)**, una planificación colaborativa efectiva es dependiente de los niveles de confianza y calidad de la información intercambiada entre las empresa. Para esto, la planificación colaborativa puede ser conceptualizada como la relación entre los compradores y los vendedores para soportar los procesos de toma de decisiones de manera conjunta. De esta manera, una planificación colaborativa efectiva mejorará el comportamiento de la cadena de suministro por medio de la facilitación de la toma decisiones que reflejarán el comportamiento promedio de la cadena y tendrá en cuenta las interacciones entre las empresas de la cadena de suministro. Así mismo, **Daugherty et al. (2006)** destacan el hecho de que un proceso de planificación generará un valor añadido a la empresa. No obstante, sugieren

que el hecho de gestionar dichos procesos resulta una tarea compleja y a veces un tanto desconocida. Por lo que a partir del estudio presentado por los autores, se muestra que la formalización de los procesos colaborativos permite a las empresas generar las estructuras de los procesos basados en las relaciones y los procedimientos. Además, se señala que la formalización de la colaboración, a niveles estratégicos, puede añadir robustez y utilidad a la información así como a la definición de los comportamientos a largo plazo. Otro aspecto importante destacado por **Daugherty et al. (2006)**, se refiere a que uno de los impedimentos más importantes que debe enfrentar la colaboración entre los miembros de la cadena de suministro se refiere a la confianza y credibilidad existente entre ellos y a la información intercambiada. Sin embargo, las ganancias reales producto de un proceso colaborativo solo se podrá apreciar cuando los miembros de la cadena de suministro trabajen de manera conjunta en el desarrollo de planes que sean mutuamente beneficiosos. No obstante, los autores establecen que una de las maneras mejores para establecer la confianza es reconocer el hecho de que la confianza no es algo que se incorporará inmediatamente, puesto que los miembros de la cadena de suministro confiarán entre ellos cuando dicha confianza sea conseguida (**Daugherty et al., 2006**). De esta manera, dichos requerimientos de comunicación, más fiables entre los nodos de la cadena de suministro, se han visto favorecidos por los avances tecnológicos, especialmente por aquellos asociados con el intercambio de información como son los sistemas basados en internet. En este contexto, y a modo de ejemplo, **Lee y Kumara (2003)** comentan que dado que los sistemas basados en internet implican una generación de demanda de información más rápida que lo usual, la gestión de los proyectos se transforma cada vez en una tarea más complicada. Así, los autores explican que un tratamiento tradicional a estos problemas en la actualidad no proveen de soluciones funcionales con el fin de favorecer reacciones efectivas y oportunas a los constantes cambios que se suscitan y mucho menos para favorecer el desarrollo de procesos colaborativos en entornos dispersos. **Lee y Kumara (2003)** establecen que la consideración de este tipo de problemáticas como un tipo de proceso de negociación entre participantes competitivos resulta muy natural puesto que permite la identificación de los recursos que participan en dicho proceso, lo que se traduce en la consecución de los objetivos individuales de los participantes. Dicha consecución de objetivos se traduce, a su vez, en una mejora en el desarrollo de las empresas. Por lo que el desarrollo promedio es esperable que se mejore cuando los procesos de planificación son más sofisticados y colaborativos, y sobre todo cuando éstos permiten la integración entre la utilización de los recursos y los requerimientos del cliente (**Abid et al., 2004**). En este caso, **Croom (2005)**, desde un punto de vista colaborativo, establece que los sistemas basados en internet consideran canales de comunicación abiertos para el intercambio de información, transacciones comerciales así como el intercambio de conocimiento entre las organizaciones. Así, la planificación colaborativa basada en herramientas tipo *Web* o internet permiten a las compañías intercambiar sus previsiones y estado de los productos con sus clientes, así como facilitan la gestión de sus productos durante todo el ciclo de vida de

éstos (**Lu y Wang, 2008**). Por lo que, de acuerdo con **Abid et al (2004)**, mediante la combinación de tecnologías de información y optimización, los autores desarrollan un método basado en técnicas de planificación colaborativa que optimiza los acuerdos de ventas con el objetivo de maximizar la satisfacción al cliente y la explotación de los recursos. Para esto, los autores consideran necesario tener en cuenta un proceso de programación mixto que considere tanto las restricciones de tipo logísticas y productivas vinculadas al *mix* de productos por una parte y, por otra parte, tener en cuenta las prioridades y expectativas de los clientes.

Así, en un proceso de negocio (perteneciente a una cadena de suministro) en el que la planificación es considerada de tipo colaborativa, los representantes de cada empresa toman decisiones de forma conjunta. Estas decisiones se orientan, generalmente, hacia temas productivos y de transporte vinculados a la cadena de suministro que conforman (**Akkermans et al., 2004**). Seguidamente, estos autores establecen que se debe prestar una atención particular a los niveles de interacción en función de la credibilidad entre los *partners* y la transparencia de la información así como a los resultados en el desarrollo de mejoras en la cadena de suministro. Para esto, **Akkerman et al. (2004)** establecen que la planificación colaborativa se diseña y vincula a los procesos de planificación y ejecución existentes para apoyar los procesos y la elaboración de las herramientas para la toma de decisiones. Así, el proceso de planificación colaborativa en un entorno de sistemas de apoyo a la toma de decisiones ayuda a la coordinación de, por ejemplo, el flujo de materiales en un entorno de redes de suministro complejas. Esta coordinación cobraría más sentido solo si genera aumentos en los desarrollos presentes en la cadena de suministro así como en una disminución de los costes. Adicionalmente, **Berning et al. (2004)** consideran que la planificación colaborativa, como concepto, ayuda a las empresas inmersas en un contexto de cadena de suministro, a trabajar de forma simultánea apoyando la transparencia de los procesos, la mayor flexibilidad y la reducción de los tiempos de respuesta. Por tanto, los aspectos que los autores consideran importantes tener en cuenta son la combinación de algoritmos genéticos con mecanismos de planificación que incluyan los planes presentes en las empresas (planificación colaborativa) y la utilización de herramientas que permitan obtener información respecto a los cambios en la planificación. De esta manera, los modelos basados en la planificación colaborativa se deben orientar a conseguir las siguientes metas:

- Transparencias en los programas productivos e información intercambiada entre las empresas.
- Reducción del tiempo de respuesta para poder reaccionar a los cambios en los planes productivos, tanto aguas arriba como aguas abajo.
- Minimizar los conflictos que se puedan generar entre las diferentes plantas pertenecientes a la red producto de la consideración simultánea de los planes productivos.
- Utilización efectiva de la información global.

Seguidamente, **Berning et al. (2004)** establecen que la colaboración a nivel de planificación se conseguirá por medio del intercambio adecuado de información relevante en función de los planes de producción entre las diferentes empresas que conforman la cadena de suministro, tratándose cada problema de planificación como un sub problema de planificación de la cadena completa

Por lo que las prácticas colaborativas resultan de vital importancia para la creación de empresas competitivas y para la generación de ganancias. De acuerdo con esto, **Min et al. (2005)** establecen que estas prácticas han sido revisadas de muchas maneras considerando diferentes contextos. Así, en la literatura es posible encontrar dos conceptualizaciones primordiales para los procesos colaborativos, la primera es la consideración de la colaboración como un proceso de negocio interorganizacional y la segunda como la generación de relaciones interorganizacionales. Con respecto a los procesos interorganizacionales, el supuesto básico es que éstos pueden ser desagregados en actividades que conforman bloques constructivos en el que cada elemento y empresas de la cadena de suministro contribuyen al proceso de negocio como un todo (**Danese et al., 2004**). Esto, desde un punto de vista de los procesos de planificación, previsión y aprovisionamiento colaborativo, implica mecanismos de coordinación que consideran de manera conjunta las actividades que las diferentes empresas realizan. Por lo tanto, en una cadena de suministro, para ser efectivas, la colaboración a nivel interorganizacional requiere de algún tipo de planificación. Pero, desafortunadamente, debido a las restricciones de tiempo, los *partners* no siempre disponen del tiempo necesario para realizar estos planes de manera adecuada de modo de tener en cuenta los aspectos colaborativos presentes en las relaciones existentes entre ellos (**Hadaya y Cassivi, 2007**). Además, una de las limitaciones importantes es el desarrollo de estrategias conjuntas y el intercambio de los objetivos de negocio. Esto corrobora lo ya establecido por **Zaheer et al. (1998)** y **Zineldin (1998)**, quienes señalan que el establecimiento de acciones tangibles y claras de forma conjunta entre los nodos fortalecen las relaciones entre éstos.

Danese et al., (2004) consideran que conceptualmente es importante tener en cuenta dos ideas principales:

- La existencia de interdependencias entre las empresas que interactúan en una cadena de suministro.
- Los mecanismos de coordinación que requieren ser activados para alinear y sincronizar las contribuciones de los miembros de la cadena de suministro hacia todo el proceso de negocio interorganizacional de la cadena de suministro.

Adicionalmente, los autores señalan que para los procesos colaborativos es importante tener en cuenta cómo las responsabilidades debieran ser intercambiadas entre los miembros de la cadena de suministro y cómo los mecanismos de coordinación debieran ser desarrollados para alinear las acciones de los diferentes miembros. Así, resulta de vital

importancia hacer un seguimiento a los procesos colaborativos teniendo en cuenta, sobre todo, los actores involucrados en el proceso, las fases que se deben llevar a cabo y el intercambio de datos e información entre los miembros de la cadena. Además, es importante tener en cuenta las interdependencias existentes para clasificarlas según sus características (por ejemplo, tipo de interdependencia y número de participantes que interactúan). **Giacomo y Patrizzi (2004)** añaden que si la relación precio y cantidad están bajo negociación no existirán garantías que los precios y las cantidades proporcionados por los proveedores y compradores generen una relación precio-cantidad positiva en dicho proceso de negociación y se podrá determinar un óptimo para ambos. Adicionalmente, **Olhager y Selldin (2004)** señalan que las orientaciones que los procesos de planificación colaborativa están teniendo hoy en día en las empresas se centran en la consecución de previsiones más ajustadas, esto favorece la observación de la demanda generando un contexto propicio para la colaboración entre los miembros de la cadena de suministro. Además, aunque la planificación colaborativa de las capacidades, los inventarios y la producción se consideren como buenas alternativas de colaboración, los autores consideran que una colaboración en las previsiones generará a posteriori mayores beneficios tanto para los miembros de la cadena así como para la cadena completa.

Otra perspectiva a tener en cuenta, es que en un entorno colaborativo (ya sea para los procesos de planificación, previsión y aprovisionamiento), los miembros de la cadena de suministro pueden establecer sus procesos colaborativos mediante el intercambio de sus previsiones de ventas y pedidos. En este sentido, **Caridi et al. (2005)** establecen que los procesos de planificación colaborativa se pueden mejorar desde dos perspectivas. Por una parte, durante las fases iniciales, los miembros de la cadena establecen guías y reglas para las relaciones colaborativas mediante la consecución de acuerdos, lo cual de manera inexorable requiere de procesos de negociación que finalmente culminan en la consecución de un acuerdo o contrato. Por otra parte, **Caridi et al. (2005)**, establecen que siempre que una excepción deba ser resuelta, y una nueva previsión deba ser calculada, un proceso de negociación deberá ser considerado, el cual finalizará comúnmente con un acuerdo en los valores finales. Ayudas importantes a estos procesos de negociación las están proporcionando áreas como la inteligencia artificial, que permiten resolver excepciones en intervalos reducidos de tiempo. De esta manera, según lo planteado por **Caridi et al. (2005)** uno de los aspectos relevantes presentes en los procesos de planificación colaborativa son los procesos de coordinación. Dicha coordinación se puede llevar a cabo entre niveles superiores e inferiores de la cadena de suministro, para lo cual se deberán considerar entidades intermedias que soporten la coordinación entre estos niveles. Además, es importante tener en cuenta que los procesos de coordinación se basan en las leyes sociales, que se utilizan como herramientas de coordinación para saber lo que las entidades participantes están haciendo en cada instante.

Otra perspectiva interesante la proporcionan **Chung y Leung (2005)**, quienes establecen que la colaboración a lo largo de la cadena de suministro se ha transformado en un elemento crucial para la creación de valor en entornos productivos, en su mayoría complejos. De esta manera, el proceso de planificación colaborativa resulta ser una herramienta poderosa para alcanzar acuerdos entre los diferentes miembros de la cadena, tanto a nivel de proveedores como de clientes. Así, por ejemplo, mediante la calibración de los procesos colaborativos entre las empresas, las siguientes problemáticas son comúnmente objeto de estudio:

1. Reducción de los inventarios de materias primas.
2. Mejorar las previsiones de consumo de materiales.
3. Reducir las roturas de stock.
4. Mejorar los tiempos de respuesta frente a cambios inesperados.

Además, **Chung y Leung (2005)** indican que para estar un paso por delante de la competencia, el diseño de los productos debería ser de forma colaborativa, donde se incorporen los diferentes niveles de proveedores, ingenieros, etc. Otro aspecto importante, según señalan los autores, es la gestión del conocimiento respectivo que se produce en los procesos de intercambio de información dado el entorno colaborativo al que se circunscriben las empresas, lo cual en la mayoría de los casos permitirá generar respuesta rápidas a los actuales entornos turbulentos a los que se ven enfrentados las empresas. Para esto, según comentan **Holweg et al. (2005)**, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones previas

Para comenzar el desarrollo de procesos colaborativos y, por consiguiente, establecer una sincronización adecuada entre los miembros de la cadena de suministro. Estos son:

- **La dispersión geográfica.** Mientras más nodos individuales existan entre proveedores y clientes más alto será el esfuerzo para establecer una sincronización adecuada entre ellos, lo cual implicará una colaboración reducida entre los miembros
- **Las características de la demanda tendrán un impacto directo en la cantidad de inventario y capacidad requerida en la cadena de suministro.** Para este caso, el intercambio de información será lo que generará mayor beneficio.

Los autores, además, consideran que otro aspecto importante a tener en cuenta es el diseño de los productos, puesto que esto afectará la rapidez con que las operaciones de la cadena de suministro se podrán llevar a cabo y, además, habrá un aumento en los beneficios de la cadena debido al intercambio de información presente entre los miembros correspondientes. Para que una colaboración pueda ser sostenible en el tiempo, resulta necesario que sea apoyada con suficientes inversiones en recursos para dar soporte a temas como: inversión financiera y no-financiera, intercambio, tecnologías, etc. (**Min et al., 2005**). De acuerdo con lo anterior, la dinámica de las cadenas de suministro implica que las expectativas de los miembros colaborativos suelen cambiar muy a menudo en el tiempo, generándose de esta manera nuevos objetivos e intereses. Esto, comúnmente, lleva a la

reevaluación de los objetivos, los parámetros de medida, etc. Por lo tanto, **Petersen et al. (2005)** consideran que el proceso de planificación colaborativa requiere de niveles elevados de comunicación e intercambio de información entre los miembros de la cadena de suministro, de hecho resulta esperable que dicha información intercambiada sea de una calidad elevada. Por lo tanto, y corroborando lo ya planteado por otros autores ya mencionados, el proceso de planificación colaborativa implicará lo siguiente:

- Un impacto positivo en el comportamiento de la cadena de suministro.
- Establecer vínculos robustos entre los diferentes sistemas de información.
- La consideración de niveles elevados de credibilidad entre los miembros de la cadena de suministro tendrá un impacto positivo en el proceso de planificación colaborativa de la cadena de suministro.

Teniendo en cuenta que los comportamientos de la cadena de suministro, que pueden considerarse tanto de forma global como individual para cada nodo, es decir, el nivel de la cadena a la que éstos pertenecen, es posible observar que los esquemas de planificación colaborativa ayudan a reducir mayoritariamente los costes de la cadena de suministro desde su perspectiva global. Esto debido, principalmente, a que la reducción de costes se produce en los niveles superiores, pero es importante tener en cuenta que siempre habrá un impacto negativo en los costes de los niveles inferiores, por lo que es importantes que un proceso de planificación colaborativa considere de forma conjunta y coordinada estas perspectivas (**Nie et al., 2006**).

Esto se corrobora en **Attaran y Attaran (2007)**, quienes establecen que la gestión colaborativa de la cadena de suministro implica el desarrollo de operaciones de negocios exitosos y sostenibles. Aun así, es importante tener en cuenta que las limitaciones presentes en los entornos colaborativos impactan de forma directa en el comportamiento de la cadena de suministro completa. Así, los miembros de la cadena de suministro citan como un factor importante para la colaboración la obtención de previsiones más ajustadas para el intercambio de información más veraz (ver Figura 6).

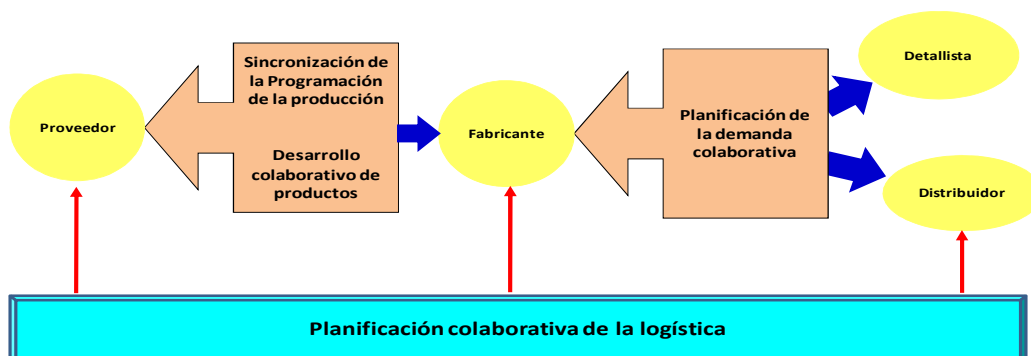


Figura 6. Planificación colaborativa en entornos logísticos (Fuente: **Attaran y Attaran (2007)**)

Adicional a lo anterior, el VICS (**VICS, 2005**) proporciona una plantilla para apoyar la colaboración en cadenas de suministro que considera las siguientes cuatro etapas:

- **Planificación.** En donde las relaciones entre comprador y vendedor está planificada y actualizada.
- **Previsión de la demanda y suministro.** Se crea la previsión de compras y ventas. Además, se identifican y resuelven las discrepancias y las excepciones.
- **Ejecución.** Se orienta a la generación de órdenes de pedido, además se preparan y envían los transportes, los productos se reciben y se almacenan en los almacenes respectivos, las transacciones de venta se graban y se realizan los pagos.
- **Análisis.** En esta última etapa, se monitorean las actividades de planificación y ejecución para detectar las posibles excepciones. En caso de existir alguna discrepancia, los participantes pueden resolverlas de manera conjunta debido a la visibilidad de la información que ellos poseen gracias al proceso de planificación colaborativa que llevan a cabo.

De acuerdo con lo anterior, la planificación colaborativa resulta esencial para el desarrollo de cadenas de suministro exitosas. Además, estudios realizados demuestran que las empresas podrán únicamente conseguir mayores beneficios si consideran una planificación colaborativa. Esto es debido a que, además del intercambio de información correspondiente, las cadenas de suministro requerirán de un intercambio de conocimiento, tecnología, riesgo y ganancias. Además, cada uno de estos factores a intercambiar resulta un apoyo para los miembros de la cadena de suministro al momento de seleccionar el escenario colaborativo apropiado (**Chen et al., 2007**). Es importante, además, tener en cuenta que los procesos colaborativos en cadenas de suministro se pueden diferenciar según la profundidad de la colaboración y el número de entidades que interactúan, según las metas, características de los productos y el mercado, la estructura de la cadena de suministro (física y relacional) y el nivel/estado de colaboración existente (**Danese, 2007**). Estos factores son:

- **Los objetivos CPFR.** Define las estrategias de responsabilidad y eficiencia de la cadena en la comunicación y colaboración.
- **Las características del producto y del mercado.** Establece las relaciones entre los productos, su demanda y la elasticidad de ésta.
- **La estructura física de la cadena de suministro.** Identifica la complejidad de la configuración espacial de la cadena.
- **La estructura racional de la cadena de suministro.** Resalta el nivel de clientes potenciales.
- **El desarrollo CPFR.** Establece el nivel de desarrollo del modelo CPFR, que puede ser inicial o avanzado.

Por lo tanto, **Danese (2007)** propone que cuando las empresas implementan un sistema de planificación colaborativa (generalmente de tipo CPFR) para reducir costes (por ejemplo costes de inventario), la colaboración está limitada a la comunicación de datos. En cambio, si las empresas implementaran la colaboración con el objetivo de hacer que la cadena de suministro pudiese responder mejor a los cambios en la demanda, éstas podrían sincronizar sus planes y gestionar las excepciones. De esta manera,

las empresas pueden colaborar a un nivel completo (por ejemplo en el desarrollo de los planes de negocio y la gestión de previsiones de compras y ventas). En otro caso, la colaboración se verá limitada a sólo gestionar previsiones de pedido. Por otra parte, **Danese (2007)** sugiere que según el número de entidades que interactúen, una empresa podrá colaborar con otras entidades cuando el número potencial de *partners* colaborativos sea alto y, además, cuando el nivel de colaboración se encuentre en un estado avanzado de desarrollo. Se puede decir que las jerarquías, y cómo éstas se consideran en los procesos colaborativos, son también un factor importante a tener en cuenta.

En este sentido, si bien las aproximaciones jerárquicas asumen una planificación única y centralizada de tareas para la sincronización de las operaciones en la cadena de suministro, se destaca el hecho de que bajo esta perspectiva podrán existir complicaciones en el momento de optar por diferentes alternativas de coordinación. Al respecto, **Dudek y Stadtler (2005)** proponen un esquema basado en la negociación del tipo no-jerárquico, en donde dicho esquema puede ser utilizado para sincronizar los planes entre dos cadenas de suministro independientes y que se encuentran unidas por un flujo de productos (**Dudek y Stadtler, 2005**). De forma adicional, asumiendo que dichos planes se generan en base a un modelo de programación matemática, se muestra como, basado en la variación de estos planes, es posible evaluar los pedidos o el aprovisionamiento de materiales. Así, de una forma iterativa, se generan mejores soluciones por las negociaciones que se establecen en función de los resultados producto de dichas iteraciones. Dado que las propuestas se basan en acuerdos mutuos, se entiende que los planes a conseguir serán óptimos en la cadena de suministro pues se consigue una disminución de los costes. Lo que radica en que a nivel local de cada componente de la cadena, a nivel de costes, lo que pierde uno lo gana otro. Esto orienta el estudio a conseguir acuerdos para que cada componente de la red minimice sus costes en un rango aceptable y que se disminuya el número de iteraciones. Además, se propone el establecimiento de incentivos para equiparar las pérdidas que el comprador pueda experimentar respecto a la solución inicial que se genera en el plan maestro. En **Dudek y Stadtler (2007)** se establece la relación entre un proveedor y varios compradores teniendo en cuenta lo que plantean **Dudek y Stadtler (2005)**. Los autores plantean que el tratamiento de la colaboración se debe hacer desde dos perspectivas. Desde la perspectiva de los compradores, existen tres tipos de relaciones con el proveedor. La primera es que en función del plan maestro el comprador determina sus planes en base al cálculo local de sus necesidades para conseguir un coste óptimo para los compradores. La segunda opción consiste en que los compradores reciban, por parte del proveedor, una proposición de suministro del proveedor. Esta proposición es analizada por los compradores y finalmente, se establece una cantidad para que el coste sea mínimo. Finalmente, en un tercer caso, tanto el proveedor como el comprador intercambian propuestas de compra y venta. Así, basado en la teoría de juegos, se llega a propuestas que generan un coste lo más cercano a los óptimos locales de cada componente. Desde el punto de vista del proveedor,

se asume el hecho de que los compradores han anunciado sus necesidades así, desde el punto de vista de la colaboración entre los nodos de la red, el proveedor reemplaza sus previsiones de demanda por dichas cantidades suministradas por el proveedor. Posteriormente, en función de las desviaciones en los pedidos realizados por el comprador, el proveedor podrá hacer el estudio de dichas desviaciones y, en función de la teoría de juegos, podrá ir generando propuestas para que se consiga un mínimo coste para ambos. Este mínimo coste se consigue a partir de distribuir el coste de manera homogénea entre los compradores. Desde cualquiera de las dos perspectivas, toda iteración y cálculo del mínimo coste se realiza de forma que el número de propuestas o modificaciones sea el mínimo. Así, la colaboración se basará en la generación de propuestas y contrapropuestas para que se cumplan las condiciones ya mencionadas. De forma adicional, el estudio de **Hadaya y Cassivi (2007)** demuestra que un mejor entendimiento de los puntos de colaboración (qué, cuándo y cómo) de las relaciones, se debiera permitir a los diferentes *partners* involucrados a conseguir una implementación mejor así como una configuración y utilización mejor de las tecnologías de la información para soportar sus mecanismos colaborativos.

Pero, aparte de seleccionar los diferentes tipos de tecnologías para soportar las interacciones correspondientes, dos dimensiones han de ser consideradas (complejidad del proceso e intensidad de la información). Estas dos dimensiones, según lo que plantea (**Pramatari, 2007**) podrán ser utilizadas para definir la profundidad de la colaboración entre los *partners* de la cadena de suministro. Esto, se evidencia en la Figura 7 que señala que en el caso de que la complejidad del proceso y la intensidad del intercambio sean bajas, una plataforma web centralizada resulta una buena alternativa. Pero, por el contrario, (**Pramatari, 2007**) señala que si la complejidad del proceso aumenta y requiere que se impliquen diferentes trabajadores, el sistema web deja de ser una alternativa.

Complejidad del proceso	Alta	Solución descentralizada	Solución descentralizada
	Baja	Plataforma web centralizada	Plataforma web centralizada Solución descentralizada
		Baja	Alta
		Intensidad de la información	

Figura 7. Intensidad del intercambio de información en entornos colaborativos (Fuente: **Pramatari, 2007**)

Adicional a lo anterior, **van der Vaart y Wojngaard (2007)** ratifican el hecho de que mientras más recursos existan más atractivos será para los compradores y vendedores explotar el potencial de un proceso colaborativo. Así, debido a las incongruencias que se pueden presentar entre los incentivos de las empresas y los objetivos del aprovisionamiento, una configuración centralizada puede difícilmente aceptarse por los miembros de

la cadena de suministro. Por esta razón, y como se verá en apartados posteriores, la colaboración desde un punto de vista descentralizado es muy recomendable (**Pibernik y Sucky, 2007**).

Por su parte **Forget et al. (2008)** proponen que la gran mayoría se centran en encontrar soluciones rápidas a los disturbios como reducir los inventarios e intercambiar información de manera puntual entre los miembros de la cadena de suministro. En otras palabras, tratan de ser más ágiles. De esta manera, se plantea que para alcanzar estos objetivos, resulta necesario desarrollar planes estratégicos que se adapten a los diferentes contextos para ajustarse mejor a las diferentes situaciones que se puedan presentar. Por lo que, dado que el desarrollo de cadenas de suministro integradas así como la utilización de información interorganizacional implica un aumento en la interdependencia de los negocios, esto se traduce finalmente en un aumento de la colaboración para lidiar con todas estas problemáticas de una manera sincronizada. En este aspecto de colaboración, la planificación bajo un contexto colaborativo en cadenas de suministro, implica la creación de un plan inicial para todas las unidades, por ejemplo de tipo productivas. Así, posteriormente a la consecución de este plan inicial, la colaboración ocurrirá cuando todas las unidades se coordinen para ajustar sus planes a los requerimientos de los demás con el objetivo de lograr el mayor beneficio. De esta manera, **Forget et al. (2008)** establecen que esta colaboración es vital para asegurar sincronización en los planes de producción. Además de esto, una anticipación de las capacidades puede utilizarse para la elaboración de planes factibles y, por consiguiente, para favorecer la colaboración entre los miembros de la cadena de suministro. De hecho, y adicional a lo anterior, **Frascatore y Mahmoodi (2008)** indican que los proveedores tienden a crear una capacidad por debajo del óptimo de la cadena de suministro, aunque mediante la utilización de los contratos, el fabricante puede inducir al proveedor a considerar una capacidad mayor. Por lo cual, se muestra que la consideración de una capacidad mayor inducida por una colaboración de tipo contractual aumenta el potencial de ganancia para de ambos. Por lo cual, en cuanto a temas de capacidad, una planificación colaborativa basada en acuerdos contractuales resulta beneficiosa. Además, cuando dos participantes negocian, es razonable esperar que el participante con mayores o mejores cualidades reciba una mayor porción de las ganancias en comparación al que no lo es tanto. Así, tanto para los procesos de colaboración o negociación, por ejemplo de planificación, siempre existirá algún miembro de la cadena de suministro que tendrá mayor poder o influencia sobre las decisiones que los demás miembros consideren (**Nagarajan y Sosic, 2008**). Pero claro, independientemente de la influencia que algunos puedan tener sobre otros, la mayoría estarán dispuestos a colaborar y participar en un sistema más integrado, ya que esto los beneficia a nivel de ejecución y planificación. Por ejemplo, según comentan **Pujari et al. (2008)**, la gestión de inventarios puede controlarse de una manera más global para conseguir una reducción en los costes, de los espacios requeridos en los almacenes, de las actividades de manipulación de materiales y los tiempos de envío.

Otra perspectiva la señalan **Rau y OuYang (2008)**, que establecen que, basados en una orientación colaborativa de la planificación, para satisfacer los requerimientos del aprovisionamiento del comprador, el horizonte de planificación debe empezar en un instante posterior al tiempo de aprovisionamiento del comprador en el que el primer aprovisionamiento ha de ocurrir. De esta manera, y basado en una orientación tipo justo a tiempo, la planificación de los aprovisionamientos respectivos tendría el tiempo suficiente para satisfacer los pedidos del comprador así como considerar alguna información adicional, lo cual favorece la colaboración entre ambos. A esto se añade lo planteado por **Sari (2008)**, quien establece que la selección de un plan de colaboración adecuado dependerá de la capacidad disponible. Así, si esta es muy pequeña, se deberá ser cuidadoso en la selección de dicho plan, puesto que los costes asociados a la implementación de un sistema colaborativo que de soporte, por ejemplo a la planificación o a inventario tipo VMI, puede ser muy elevado e injustificable. Aun así, la planificación colaborativa sigue siendo el modo de operar preferido por las empresas inmersas en una cadena de suministro. Estas empresas estarán dispuestas a sacrificar algunos de sus niveles de aspiración de sus metas/objetivos en el corto plazo para experimentar sus beneficios en el largo plazo. En este sentido, estas empresas facilitan la colaboración en el largo plazo con sus *partners* y, subsecuentemente, consiguen un aumento en su competitividad (**Selim et al., 2008**). Por lo tanto, la elaboración de estructuras colaborativas en cadenas de suministro, resulta crucial para obtener ventajas competitivas sostenibles en el tiempo.

Otra perspectiva la proporcionan **Son y Sheu (2008)**, quienes plantean que la colaboración interorganizacional proporciona una gestión exitosa en la gestión de cadenas de suministro. No obstante, estudios recientes señalan que previo a que todos los miembros de la cadena de suministro puedan desarrollar una plena confianza mutua y establecer un mecanismo de control efectivo, la consideración de las desviaciones en los acuerdos colaborativos resulta algo inevitable. Del estudio realizado por **Son y Sheu (2008)**, basado en un modelo de simulación, se demuestra que las desviaciones en dichos acuerdos se traducen en un impacto significativo en cuanto al éxito que se puede alcanzar en una cadena de suministro. Por lo que una política de pedido tipo *order-for-order*, generalmente, debilitará las posibilidades de que los miembros de la cadena de suministro tendrán para satisfacer la demanda aguas abajo, mientras que sus niveles de inventario crecerán hasta sobrepasar sus límites. De acuerdo con esto, resulta evidente que las cadenas de suministro son muy vulnerables a la propagación de las ineficiencias, debido a los procesos inadecuados de planificación con y entre las organizaciones colaborativas (**Stubbings et al., 2008**). Por lo que, en un entorno de tipo productivo, la colaboración propiciará las operaciones distribuidas de fabricación en múltiples empresas mediante la utilización de multi-planes. De esta manera, en un entorno multi-plan los componentes de un producto se distribuyen y procesan en diferentes empresas situadas en diferentes posiciones geográficas, esto se traduce finalmente en mejoras de los productos finales y en una reducción de los costes asociados al desarrollo de los productos. Así, mediante el intercambio de estos planes de una

manera concurrente se permite el aumento de las capacidades y una reducción de los costes de fabricación según lo ya planteado (**Tseng et al., 2008**). Finalmente, es posible entender el proceso de planificación colaborativa como el intercambio de información en el que las empresas, comúnmente aguas abajo, estarán de acuerdo en compartir los niveles de demanda e inventarios en un tiempo real con las empresas aguas arriba (**Lee et al., 2000**). Por lo que, según lo establecido por **Yao y Dresner (2008)**, el fabricante que pertenece a una cadena de suministro, no continuará observando la demanda de los clientes a través de los detallistas, sino que determinará dichos niveles de demanda a partir de la información obtenida directamente del cliente. Aunque el fabricante continuará recibiendo pedidos en firme del detallista.

No obstante a lo anterior, **Pibernik et al. (2011)** establecen que aunque la colaboración en la cadena y la consideración de tecnologías avanzadas de gestión de la información apoyan en gran medida la coordinación y mejoras en los procesos planificación de la producción y el abastecimiento, la previsión de la demanda así como el aprovisionamiento siguen siendo problemas en la gestión de la cadena de suministro. Esto debido a que la previsión y el aprovisionamiento colaborativo consideran, no solo el intercambio de la información promovida por el proceso de planificación colaborativa, sino que además considera la combinación de las informaciones relacionadas con los diferentes miembros de la cadena. Además, la identificación de factores internos y externos, continúa siendo una labor difícil para las empresas, incluso aquellas dispuestas a colaborar. Con motivo de esto, la sub-sección 2.3.2.2 y 2.3.2.3 se centran en explicar los conceptos de previsión y aprovisionamiento colaborativo, respectivamente, así como en destacar cómo los conceptos, desde un punto de vista cronológico y explícito, se abordan en la literatura científica.

2.3.2.2 EL PROCESO DE PREVISIÓN COLABORATIVA

Uno de los procesos que más influencia tiene en la toma de decisiones en una empresa es la previsión de la demanda. Unas previsiones acertadas ayudan a proporcionar un mejor servicio al cliente acompañado de una reducción de niveles de inventario. El nivel de acierto en las previsiones depende de la capacidad que tenga la empresa para conseguir información relevante y poderla interpretar. Tal y como lo establecen **Shobrys y White (2001)**, una de las funciones que influyen en el proceso de toma de decisión de una empresa es el vinculado con las previsiones, ya que éstas proyectan los requerimientos futuros del mercado o de un cliente específico. También favorecen el análisis de las variaciones de la demanda que permite establecer los lotes mínimos de inventario.

Es importante destacar que las previsiones, en muchas empresas, suelen basarse en históricos, por lo que cada área suele tener, o generar, sus propias previsiones dado que se basan en la información local. Esto implica que existirán múltiples funciones de previsión orientadas a satisfacer los diferentes niveles de agregación de la información de cada área y se utilizarán diferentes herramientas con niveles de sofisticación distintos. Por

lo tanto, se establece como buena práctica el hecho de considerar una sola previsión que englobe las demás funciones de previsión teniendo en cuenta todas las áreas de negocio. Esto generará previsiones que combinarán técnicas estadísticas con las de tipo *Business Intelligence*. Así, por ejemplo, las técnicas del tipo *On-Line Analytical Processing* (OLAP) permiten la realización de previsiones de manera sencilla, así como la visualización de las necesidades de diferentes áreas a partir de un solo grupo de datos. Por lo tanto, se considera que la obtención de previsiones más ajustadas se podrá conseguir mediante la colaboración (o intercambio de información) entre las diferentes entidades de la cadena. Según esto, el concepto de previsión colaborativa nace a raíz de la necesidad de identificar la información que cada entidad de la cadena estará dispuesta a intercambiar y, por tanto, definir el cálculo de las previsiones que consideren este hecho. Así la previsión colaborativa se basa en el hecho de que cada una de las empresas que se relacionan entre sí (clientes y proveedores o nodos de una cadena de suministro) dispone de información relevante para la predicción de valores futuros que las demás no poseen (**Hernández et al. 2007**). A continuación, se presentan cronológicamente ordenadas las aportaciones principales en el campo de la previsión colaborativa.

Así es como, considerando lo planteado en la sección 2.1, un proceso colaborativo entre empresas supone un grado de trabajo conjunto más allá de la mera cooperación. **White (1999)** plantea que la colaboración consiste en que:

- Las empresas trabajen unidas o tengan algún proceso en común de modo que compartan la información relacionada con las previsiones, los planes, los pedidos, etc.
- Las empresas involucradas estén de acuerdo con dicha información.
- Las empresas usen dicha información para apoyar el proceso de toma de decisiones.
- Las empresas se miden unas a otras en cuanto al desempeño de los planes.
- Las empresas obtienen un beneficio común.

De acuerdo a lo planteado por **Mentzer (1999)**, se debe considerar, previo a que una compañía establezca una previsión colaborativa, que las empresas establezcan sus previsiones internas. De acuerdo con **Mentzer y Bienstock (1998)** el modelo de previsión de ventas se categoriza en cuatro aspectos: gestión, sistema, técnica, y mediciones del comportamiento.

Estos cuatro componentes se deben considerar en los procesos internos de previsión. Por lo que la previsión colaborativa implicaría la incorporación (o consideración) de un quinto elemento conocido con el nombre de socios comerciales. Con estos socios se realizan los intercambios de información para construir la previsión (**Burgin et al. 2000**). Finalmente, se estudian tres tipos de empresas para establecer un modelo teórico en cuanto a las consideraciones que se deben tener en cuenta para mejorar los beneficios producto de las previsiones:

- Tipo A, una compañía química internacional con grandes volúmenes de venta y centros de distribución distribuidos a nivel internacional. Este tipo de empresa al considerar una previsión colaborativa incrementó su sensibilidad a los cambios en la demanda, de modo que incrementó la posibilidad de tener productos disponibles para responder de forma oportuna a algún pedido y optimizó los costes asociados a los niveles de inventario.
- Tipo B, una compañía de venta de bienes de tipo general y específico con grandes volúmenes de pedido y con un alto volumen de mano de obra. Al considerar una previsión colaborativa se optimizaron los niveles de inventario y los costes asociados a éste.
- Tipo C, una fábrica y promotora de productos básicos, cuya venta de alguno de ellos se realiza en base a promociones estacionales. Este tipo de empresa al considerar una previsión colaborativa incrementó su sensibilidad a los cambios en la demanda, incrementando a su vez la posibilidad de tener productos disponibles y así poder responder de forma oportuna a algún pedido. También optimizó los costes asociados a los niveles de inventario.

Así, en función de los casos de estudio, se plantea un modelo de previsión colaborativa que considera siete aspectos relevantes para incrementar las ganancias producto de dicha colaboración. Estos aspectos a considerar son procesos de auditoría interna, reconocimiento de las ventajas competitivas, acuerdos en la obtención de recursos de acuerdo a previsiones colaborativas específicas, focalización de los clientes principales pertenecientes a un nivel con los correspondientes clientes de los sub-niveles, institucionalización de los acuerdos logrados entre socios comerciales respecto a las previsiones de ciertos productos, consideración de métodos alternativos para el intercambios de información y creación de una única proyección de la demanda.

Lapide (1999) plantea que las previsiones son un proceso que pueden generar beneficios en la medida en que actúen dos o más entidades en dicho proceso, por lo que una previsión realizada considerando lo anterior es denominada previsión colaborativa. Así, este tipo de previsión considera el desarrollo de previsiones en el que existirán solicitudes de múltiples participantes y con lo cual se conseguirá una única previsión de acuerdo al consenso de los participantes. Adicional a lo anterior, **Lapide (1999)** plantea que la razón básica por la cual realizar una previsión colaborativa es por mejorar la precisión de las previsiones. Esto basado en el hecho de que los tipos de información que cada participante posee son, en su mayoría, únicos y aportarán valor a la hora de ser utilizados. Los tipos de información utilizados en los procesos colaborativos orientados a apoyar los procesos de previsión futuros incluyen los siguientes:

- Eventos futuros. Esta información se basan en aquellos factores y eventos que podrían tener algún impacto en la demanda y que solo son conocidos por algunas entidades participantes.

- Eventos pasados. Esta información es respecto a eventos que han ocurrido y que afectaron de forma significativa la demanda, pero podrían no ocurrir nuevamente.
- Información adicional. Esta información se refiere a la demanda que solo es conocida por algunos participantes del proceso colaborativo.
- Métodos o habilidades de previsión. Esto se refiere a que algunas organizaciones poseen mayor experiencia y habilidades que otras para desarrollar previsiones.

Finalmente, se plantea que la previsión colaborativa requiere de aproximaciones estructuradas que permitan a las organizaciones manejar de forma eficiente las diversas, y potenciales, fuentes de información provenientes de los diversos participantes del proceso.

De acuerdo con **Johnson (2000)**, los aspectos más críticos en la implementación de cualquier negocio son el modelado y configuración de los datos de la empresa. Para esto las iniciativas CPFR introducen una nueva dimensión para el modelado del problema, que se centra en la relación entre dos compañías más que en el análisis de cada una por separado. Para esto, se requiere de reglas organizadas, alineadas y definidas para el establecimiento de las relaciones y el favorecimiento de la colaboración en el modelado de datos del negocio. Así, el modelado colaborativo de los datos considerará cuatro pasos:

- **Paso 1.** Identificar y comparar las oportunidades. El objetivo del comprador (detallista) es mantener productos en su stock, mientras que el objetivo del vendedor es establecer un proceso, lo más eficiente posible, orientado a la producción y al abastecimiento. Por lo que las relaciones colaborativas entre el comprador y vendedor se verán muy influenciadas por las responsabilidades de ambos. En este sentido, las previsiones se pueden realizar desde dos perspectivas, que son la del detallista y la del vendedor. Desde el punto de vista del detallista, se puede realizar una previsión de pedidos y, desde el punto de vista del vendedor, se puede realizar una previsión de ventas. Bajo el contexto colaborativo, para el caso de la previsión de pedidos, las previsiones de pedidos y el abastecimiento se comparan de forma conjunta y los participantes tienen la posibilidad de conocer la fuente y los propietarios de los datos facilitando la comparación de estas previsiones con las de los proveedores. Finalmente, para el caso de la previsión de ventas, en el contexto CPFR, los proveedores entregan varios puntos de comparación por medio de los estudios de previsión que realizan, esto ayuda a poder cubrir pedidos que pueden quedar (potencialmente) no cubiertos dada alguna promoción estacional.
- **Paso 2.** Alineación de las fuentes de información. Se refiere a que una vez integrada la información relevante para apoyar la colaboración entre el detallista y el proveedor, será necesario que esta información pueda ser comparable. La problemática existe dado que es muy común que los detallistas se planifiquen de modo que establezcan un nivel de detalle en sus previsiones distinto al de los proveedores. La solución colaborativa

plantea una agregación de la información y la comparación de esta con la que sea relevante para ambos.

- **Paso 3.** Organización de las ventas. En este caso, la información se organiza de una forma específica para que represente o refleje de mejor manera sus productos, así como la ubicación y la organización de éstos.
- **Paso 4,** Definición de las reglas de negocio. En este último paso, se establecen las reglas que gobernarán como, por ejemplo criterios de excepción, periodos de previsión, etc.

Así, estos cuatro pasos favorecerán la previsión colaborativa, principalmente, el paso 1, ya que este tipo de previsión parte de la base que existen dos entidades dispuestas a colaborar y que deben alinear sus datos para favorecer la colaboración entre ambos.

Boone y Ganeshan (2000) ilustran y evalúan el paradigma de mejorar la forma en que se realizan las previsiones en una cadena de suministro, donde los bienes del consumidor fluyen (o se mueven) de forma rápida. Este paradigma involucra la planificación, la previsión y el aprovisionamiento colaborativo entre los socios comerciales de una cadena de suministro. Como caso de estudio se presenta cómo los productos que poseen un error bajo en sus previsiones, frente a pequeños cambios en los procesos de negocio, pueden generar mejoras en la eficiencia del trabajo. Esto bajo la idea de mejorar los procesos de previsión en las cadenas de suministro utilizando diferentes procesos de negocio más que utilizar diferentes herramientas de previsión. El caso de estudio considera un producto, tipo marca blanca, de movimiento rápido cuyas ventas son predecibles año a año (equivalente a decir que posee un error bajo de previsión) de modo que sea posible ilustrar un proceso CPFR de forma sencilla. Para favorecer la colaboración entre las entidades de la cadena de suministro, se requiere adaptar o establecer nuevas consideraciones en los procesos de negocio actuales (o al menos en alguno de ellos). Estas adaptaciones, con una orientación CPFR, permiten a las entidades tener una visibilidad de los niveles de venta así como visualizar de forma directa los datos disponibles de las ventas. De este modo, los planificadores tendrán acceso directo a la información relacionada, por ejemplo, con los niveles de inventario de cada proveedor que pertenece a la cadena. Si bien tanto el fabricante como el proveedor llegarán a acuerdos en la previsión, las incertidumbres relacionadas seguirán existiendo. Pero dado que los procesos de negocio favorecerán la colaboración, se generarán stocks de seguridad para compensar dichas incertidumbres que impliquen de forma indirecta errores en las previsiones. Los inventarios se establecerán de acuerdo a la información que se comparte entre el fabricante y el proveedor de modo que se facilite la colaboración en las previsiones relacionadas con las entidades de la cadena.

Helms *et al.* (2000) plantean que la previsión colaborativa utiliza y aplica conceptos relacionados con la gestión de la cadena de suministro. Estos conceptos estarán relacionados con las funciones de previsión, de forma que se utilizan las informaciones y las tecnologías disponibles para favorecer el cambio de una previsión de la demanda independiente a una

dependiente de la demanda establecida por las entidades de la cadena de suministro. Por lo que la previsión colaborativa será la forma en la cual toda la cadena participará en las decisiones relacionadas con la demanda que guiarán las actividades, recolectando la información interna y externa que de lugar a previsiones de la demanda más precisas.

Uno de los beneficios principales que implica la previsión colaborativa es que reduce la dependencia que las empresas tienen respecto al uso de históricos para realizar sus previsiones, sustituyendo esto por los conocimientos actuales que se poseen respecto a las tendencias específicas, los eventos y otros aspectos. Así, se elimina la idea de esperar a que los datos se repitan para realizar las previsiones en base a algún patrón que se pueda encontrar en los históricos de demanda. La realización de una previsión colaborativa ayuda a asegurar que todas las funciones operan de forma conjunta como si la cadena de suministro utilizase una única previsión de demanda.

Los autores plantean que la previsión colaborativa podría evolucionar hasta tal punto en el que las previsiones no fueran necesarias, debido a que las empresas sólo suministrarían a los clientes internos (a la cadena de suministro). Así, la información de la demanda la proporcionarían los participantes en el proceso, lo que implicaría que la necesidad de establecer previsiones considerando intereses distintos desaparecería. Algunas empresas que se han beneficiado de la utilización de previsiones colaborativas son: Eastman Chemical, Reynolds Aluminium, Wal Mart, Ocean Spray, Heineken, entre otras. Estas empresas lograron reducir sus inventarios, tiempos de demora, etc., mientras que, al mismo tiempo, aumentaron la precisión en la generación de previsiones de la demanda.

Marilyn *et al.* (2000) plantean que la gestión de la cadena de suministro se construye bajo los principios de la conformación de sociedades así como del desarrollo y uso de las conexiones o vínculos que existen en la cadena con el fin de proveer información que ayudará a incrementar la eficiencia de todos los miembros en la cadena. Dada la complejidad e incertidumbre existente en las cadenas de suministro, el concepto de lograr una previsión efectiva y precisa cobra vital importancia, transformándose en uno de los objetivos principales a conseguir. La previsión colaborativa considera que todos los nodos de la cadena participan en las decisiones respecto a la demanda que afecta a sus actividades. Las problemáticas principales, tradicionalmente encontradas, en los procesos de previsión son:

- Para las empresas. Las previsiones siempre presentan inexactitudes que les obligan a tener inventario adicional para hacer frente a dicha incertidumbre.
- Dado lo cambiante del mercado, se establecen pronósticos con datos históricos. El problema de establecer previsiones en base a históricos es que se requiere la identificación de patrones en los datos que se asumen que volverán a ocurrir.
- La existencia de muchas previsiones en la organización, debido a las diferentes necesidades de previsión que presenten las personas de las

diferentes áreas y al traspaso de la información que siempre suele tener algún problema o presentan algún cuello de botella en el flujo.

Los beneficios que se pueden obtener son:

- Considerar la información interna y externa para crear una unión entre ambas y generar un solo paquete de información que facilite la consecución de previsiones más precisas y confiables para la cadena de suministro. Esto implica la agrupación de experiencias e información proveniente de diferentes áreas.
- La previsión colaborativa implica un flujo de información en beneficio para toda la cadena, evitando la sectorización de los beneficios.

El proceso de previsión colaborativa tendrá como objetivo considerar las necesidades específicas de la compañía, sujetas a las necesidades de la cadena. Los factores que la compañía debe considerar para establecer una previsión colaborativa son:

- Establecer los departamentos que se verán afectados por las previsiones.
- Establecer el departamento o la persona que liderará el proceso de previsión. Esta persona, por lo general, será aquella que está en posesión de la información de los costes asociados a las previsiones erróneas del pasado y que posee las ideas de cómo prever mejor y los beneficios que se obtendrán a partir de dichas mejoras.
- Identificar el grupo líder que efectuará la previsión colaborativa. Este grupo establecerá los objetivos, las metas y las necesidades inmediatas a obtener del proceso de previsión y utilizará la información interna y externa según ésta esté disponible.
- Identificar la información relevante y establecer las principales conexiones para generar un tipo de información homogénea para toda la cadena y que soporte la previsión colaborativa. Esta recolección y unión de información, para los fines del establecimiento de la previsión colaborativa, se establecerá mediante reuniones que, a partir de una depuración progresiva de la información, lograrán la obtención de una información más específica para la consecución de previsiones más precisas.

Finalmente, como herramienta de aplicación se recomienda la utilización de aquellas que posean una orientación hacia entornos de tipo *Web* y que soporten ambientes distribuidos como, por ejemplo, SAP R/3.

Lewis *et al.* (2001) argumentan que el modelo CPFR fue planteado originalmente para un escenario en que sólo existe un fabricante y un proveedor. Por lo que la idea ahora es plantear un modelo en el que se considere la interacción de n participantes para que colaboren entre sí en la consecución de sus objetivos. Uno de estos objetivos es la obtención de previsiones más exactas para cumplir con las necesidades de los clientes. Así se plantea un modelo denominado *n-tier* (multi-nivel). Este modelo plantea que, si se comparte información adicional a la que actualmente se comparte entre algunos de los participantes de la cadena, los beneficios serán para aquellos que comparten y reciben dicha información adicional. Entonces, el

modelo CPFR se puede aplicar de diferentes maneras según sea el caso. De forma general, se pueden detectar 4 casos.

- **Hub.** Se considera una sola compañía (comprador o vendedor) que actúa como proveedor de servicios para los socios comerciales.
- **Centralizados.** Considera una entidad intermedia que facilita los procesos de negocio y mantiene la información disponible para cuando un proveedor o comprador quieran actuar de manera colaborativa y, por consiguiente, requieran compartir y conocer la información de ambos.
- **Host.** Una entidad externa a la cadena se encargará de los servicios que apoyarán la colaboración del modelo CPFR entre el comprador y el vendedor, por lo que se plantea como una manera diferente de acceder al servicio.
- **Pear-to-Pear.** Se plantea compartir la información vía alguna tecnología de red disponible entre los componentes de la cadena. Esto favorece el acceso a la información de forma actualizada.

En el contexto de la previsión colaborativa, el modelo *n-tier* utiliza un modelo de colaboración definido por **Chapman y Petersen (2000)** denominado *demand activated manufacturing architecture* (DAMA). Este modelo considera uno o varios socios comerciales en la cadena de suministro que pueden desarrollar sus previsiones. Por lo que, una vez que la previsión ha sido desarrollada, será visible para el resto de los socios de la cadena percibiendo los beneficios en base a las ganancias asociadas a la mejora de las previsiones. Además, cada previsión deberá reflejar la proporción total del pedido correspondiente a cada socio. En base a la revisión de las utilidades iniciales se comprobará que las proporciones sean correctas o no. Una vez revisadas las previsiones, cada fabricante deberá proveer al resto de los socios de la cadena sus capacidades para favorecer los acuerdos de previsión para una determinada línea de producto. Así, en función de la información de la demanda se generará la planificación de ventas al detalle. Esta planificación dará como resultados históricos y estimaciones de ventas que serán de utilidad para la realización de una previsión colaborativa. Esta previsión colaborativa estará restringida a los acuerdos colaborativos así como a las herramientas y algoritmos de previsión. Así, finalmente, se obtendrá la previsión de los pedidos de cada producto.

Aviv (2001), por su parte, considera una cadena de suministro cooperativa (entidades dispuestas a cooperar), en la que participan el detallista y el proveedor. Se utiliza un primer modelo denominado previsión local donde cada miembro actualiza las previsiones de las demandas futuras periódicamente y es posible integrar los ajustes de las previsiones en un proceso de reposición (*replenishment*). Dado que la estructura de la información se encuentra descentralizada, el inventario a corto plazo (día a día) y las previsiones sólo se conocen de manera local. Posteriormente se utiliza un segundo modelo llamado previsión colaborativa, en donde los miembros de la cadena de suministro, de manera conjunta, actualizan un único proceso de previsión en el sistema. En este caso, la información se considera centralizada. En ambos, se supone que tanto el detallista como el proveedor son cooperativos.

- **Previsión local.** Las políticas de reposición de ambos se centran en optimizar los costes a largo plazo de la cadena suministro. Estas políticas estarán orientadas a prescribir las órdenes de abastecimiento de acuerdo a las previsiones locales de los niveles de inventario y demandas (**Axsäter y Rosling, 1993**). Para coordinar sus políticas, los miembros de la cadena de suministro comparten datos estáticos como, por ejemplo, las características de los consumidores en el proceso de demanda, las características de un proceso individual de previsión, así como también la estructura de los costes de la cadena de suministro. Así, la tarea de los miembros de la cadena se convierte en establecer las políticas en común que permitan minimizar los costes a largo plazo de la cadena.
- **Previsión Colaborativa.** El detallista y el proveedor mantienen un único proceso de previsión en el sistema y son capaces de integrar sus procesos de previsión en sus políticas individuales de abastecimiento. Para lo anterior, los miembros de la cadena se ven enfrentados a resolver problemáticas como decidir cómo, en base a sus políticas locales de abastecimiento, el sistema operará mejor.

El modelo planteado considera que tanto el inventario del detallista como el del proveedor se abastecen periódicamente y que el proveedor posee recursos ilimitados. Las órdenes generadas por el cliente son recibidas después de un tiempo (*lead time*), y cualquier entrega del proveedor al detallista será hecha en un tiempo correspondiente al tiempo que espera el cliente para recibir su producto más el periodo de tiempo en el que proveedor le entregará el producto al detallista.

Los eventos ocurren en la siguiente secuencia: el proveedor y el detallista ajustan sus previsiones de demanda, el proveedor introduce su orden, el detallista emite el pedido, el proveedor envía todos los productos que le sea posible enviar para cubrir los pedidos del detallista en el periodo establecido, donde se priorizan los pedidos atrasados, se realiza la demanda del periodo y, finalmente, se cargan los costes asociados.

La estructura de la información es descentralizada, por lo que el intercambio de información (día a día) resulta bastante difícil, exceptuando el proceso de pedidos y la previsión colaborativa. Aún así, la información estática en la cadena de suministro es muy común de encontrar e incluye aspectos como la estructura de los costes de la cadena de suministro, las características del proceso de la demanda, el proceso de la previsión, y las relaciones estáticas entre los miembros de la cadena.

Así es como por medio de un modelo analítico se establecen una serie de experimentos para analizar los distintos escenarios de la cadena de suministro. Se observa que cuanto menor es el tiempo de retraso en la entrega de pedidos los beneficios absolutos y marginales son mayores. Esto es debido, principalmente, a que con tiempos de retraso pequeños, los miembros de la cadena de suministro pueden utilizar de mejor manera la información de la demanda que ellos comparten.

En base a los experimentos realizados, **Aviv (2001)** demuestran que las previsiones locales y las previsiones colaborativas pueden proporcionar beneficios sustanciales a la cadena de suministro, pero la magnitud de estos beneficios dependerá de las configuraciones específicas para cada caso. El beneficio potencial que pueda proporcionar la previsión local dependerá en gran medida de la previsión que se haga. Por último, cuando se quiere trasladar todo comportamiento, el tipo de planificación, hacia un concepto de previsión colaborativa, lo que más tendrá relevancia será la capacidad de diversificación que dichas previsiones posean. Así, los beneficios en un contexto de previsión colaborativa serán mucho mayores cuanto más diversificación se incorpore en las previsiones, ya que cada componente de la cadena puede incorporar un factor, o valor, único para la realización de las previsiones.

Adicionalmente, **Caplice y Sheffi (2003)** exponen que la previsión de la demanda de productos es un aspecto crucial para todo proveedor, fabricante y detallista. La previsión de la demanda futura determinará las cantidades a ser solicitadas, producidas o vendidas. La previsión de la demanda es necesaria tanto para los procesos básicos como para todos los componentes de la cadena que se involucren con las materias primas y los productos terminados. El riesgo de esperar a fabricar un producto cuando se registre el pedido es demasiado alto, pues podría no reaccionarse a tiempo y, por consiguiente, no cumplir con las exigencias del cliente. Por lo que es necesario que exista una anticipación para poder prever la demanda futura y facilitar una reacción en un tiempo adecuado cuando un cliente realiza un pedido.

De forma general, una previsión más precisa ayuda a realizar operaciones de forma efectiva y aumenta los niveles de servicio hacia el consumidor. En el contexto de la cadena de suministro, las decisiones más importantes para la mejora de la efectividad y eficiencia de las actividades logísticas están relacionadas con la realización de previsiones de la demanda adecuadas. Así, el concepto de planificación colaborativa aparece bajo la idea de que las compañías asociadas a una cadena trabajarán en conjunto para realizar técnicas de previsión en las que cada compañía compartirá información útil que apoye los procesos de toma de decisiones.

Bajo la idea de una previsión colaborativa, el detallista compartirá las previsiones de la demanda así como sus planes de pedido actuales con el fabricante, mientras que el fabricante incorporará estos datos para desarrollar y verificar sus previsiones así como cualquier discrepancia, que será identificada y resuelta de manera conjunta. El resultado final será la obtención de previsiones más precisas, la consecución de niveles de inventarios adecuados, etc.

Una de las problemáticas asociadas a lo anterior está relacionada con la transmisión y procesamiento de los datos, por lo que se requiere (cada vez más) software más especializado. Unos de esas herramientas es SYNCRA, que se focaliza en la gestión de las relaciones de intercambio considerando las relaciones funcionales. Se orienta a explotar el potencial de la previsión

colaborativa en el sentido de facilitar la comunicación y el procesamiento de los datos de forma efectiva generando información útil para las diferentes entidades de la cadena.

De acuerdo con las guías del **VICS CPFR Committee (2002)**, el estándar para la implementación define que el CPFR debe considerar un proceso de 9 pasos:

- **Paso 1.** Desarrollar los acuerdos de colaboración, en los que el vendedor y el comparador (en conjunto) establecen los acuerdos para sus relaciones colaborativas.
- **Paso 2.** Creación de un *Joint Business Plan*, en el que los socios de la organización intercambian información respecto a sus estrategias corporativas y planes de negocio para obtener un plan de negocio en común.
- **Paso 3.** Creación de las previsiones de venta, donde se utilizan los datos de los consumos para la creación de las previsiones de venta que apoye los planes de negocio en común.
- **Paso 4.** Identificar los pronósticos para las ventas, que consiste en la identificación de aquellos ítems que quedan fuera de los pronósticos de ventas y que, por consiguiente, implican una restricción en la previsión.
- **Paso 5.** Resolver las excepciones.
- **Paso 6.** Crear las previsiones de pedido, que se basa en la previsión de las ventas y otras informaciones que incluyen las estrategias de los inventarios y los pronósticos de pedido.
- **Paso 7.** Identificar excepciones para la previsión de los pedidos, que consiste en identificar aquellos ítems que están fuera de la previsión de los pedidos y que, por consiguiente, implican la consideración de las restricciones asociadas.
- **Paso 8.** Resolver las excepciones asociadas a dichos ítems.
- **Paso 9.** Generar la orden del pedido.

Los servicios vía *Web* están generando gran interés en las comunidades de las tecnologías de la información. Así es como **Huang y Chung (2003)** plantean que los servicios *Web* presentan el potencial de generar valor al negocio en aspectos que no se habían considerado con anterioridad, como son los intercambios privados de la información. La generación de este valor se sustenta en la idea de conseguir implementaciones adecuadas estableciendo soluciones simples a bajo coste.

En este sentido, los marcos de trabajo basados en servicios *Web* son atractivos para la realización de dichos intercambios privados de la información (por ejemplo en los sistemas de tipo *private trading exchanges* o PTX), y para los mercados públicos, que deben enfrentar los desafíos de generar negocios y relaciones con los clientes de una manera flexible y efectiva a nivel de costes.

Bajo el contexto de la previsión colaborativa, se considera que la empresa utiliza un sistema PTX con sus clientes. Así, las empresas desarrollarán sus previsiones en su aplicación PTX, con orientación *Web*, para las previsiones de la demanda. Estas previsiones serán enviadas a los

clientes a través de transacciones del tipo B2B. Posteriormente, una vez recibida la información por parte del cliente, se realizará la planificación de la producción, y si la previsión recibida no resulta compatible el cliente podrá enviar, vía B2B, las consideraciones que estime necesarias para que sean corregidas por las empresas. Del mismo modo, el cliente podrá realizar modificaciones de forma manual a través del sistema PTX. En este último caso existirá un controlador inteligente que actuará como un sistema interno central de los sistemas implicados con sistema PTX, favoreciendo de este modo la colaboración entre las empresas y los clientes.

La previsión de las ventas y la colaboración, según plantean **McCarthy y Golicic (2003)**, son dos fenómenos que han sido reconocidos de forma independiente como una contribución a la mejora del comportamiento organizacional. La previsión colaborativa se puede considerar desde dos perspectivas. Los autores definen el aprovisionamiento colaborativo como aquellas actividades que persiguen el propósito de intercambiar información de carácter específica en un instante de tiempo dado. Este intercambio se realiza entre las personas implicadas en el proceso comercial para considerar una única previsión de la demanda.

La primera considera la previsión colaborativa desde un punto de vista intra-empresa de modo que los esfuerzos para establecer las previsiones de la empresa son realizadas por las unidades de negocio funcionales de ésta. Situación que ha sido estudiada por **Diehn (2001)**, **Lapide (1999)**, **Reese (2001)** y **Wilson (2001)**.

La segunda perspectiva considera la previsión colaborativa inter-empresa estableciendo las previsiones entre los socios comerciales y focalizándose en una Previsión Colaborativa integrada. Esta situación ha sido estudiada por **Ackerman (2000)**, **Andrascki (1999)**, **Barratt y Oliveira (2001)**, **Ireland y Bruce (2000)**, **VICS (1999)**.

Ashayeri y Kampstra (2003) comentan que el concepto CPFR se puede ver como una evolución de ECR (*efficient customer response*). La visión inicial, en 1996, se denominó previsión y aprovisionamiento colaborativo (CFAR: *collaborative forecasting and replenishment*). Unos años después, la visión fue extendida al concepto de CPFR. Se plantea, además, que para implementar el concepto CPFR en las empresas es importante que estas establezcan (previamente) puntos de acuerdo sobre la futura estructura CPFR a considerar. Así, en un proceso CPFR, lo más importante no será solo el compartir información, sino que también será importante considerar los cambios organizacionales a considerar. Adicional a lo anterior, se puede decir que desde que nació la idea CPFR, en 1998, el VICS (*voluntary inter-industry comerse standard*) desarrolló la primera guía para desarrollar sistemas CPFR que denominó “VICS CPFR Guidelines”, documento que ha sido constantemente actualizado desde su creación. Muchas implementaciones realizadas, hasta estos días, han seguido dichas guías desarrolladas por el VICS. El modelo del VICS describe todos los procesos de planificación, así como los acuerdos de finalización, para la previsión del aprovisionamiento. Los tres aspectos más importantes del

modelo son la planificación, la previsión y el aprovisionamiento colaborativo. Esta se representa en la Figura 8.

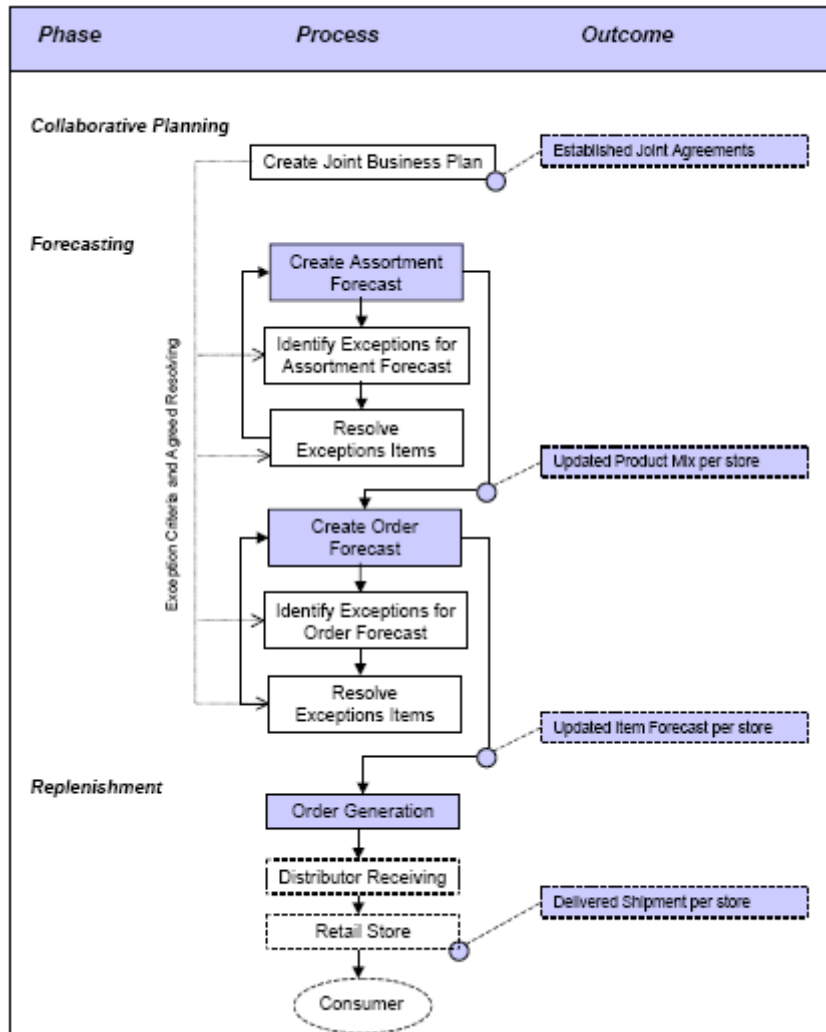


Figura 8. Los tres aspectos más importantes de modelo VICS. (Fuente **Ashayeri y Kampstra (2003)**)

Respecto a la previsión colaborativa, **Ashayeri y Kampstra (2003)** plantean que este tipo de previsión es una forma en la cual toda la cadena de suministro participa en las decisiones relacionadas con la demanda. Plantean, además, que las interrogantes principales que la previsión colaborativa debe intentar resolver son:

- Establecer qué información se requiere.
- Qué componente de la cadena posee la información que se requiere.
- Quién debe ser el responsable de la previsión.

Dado lo anterior, así como a la posible existencia de múltiples funciones de previsión, la ejecución de los procesos de previsión colaborativa resulta en su mayoría difícil y compleja de llevar a cabo. Finalmente, **Ashayeri y Kampstra (2003)** plantean que los beneficios de la previsión colaborativa se aprecian mejor en un corto plazo (horizonte), dado que el proveedor se verá forzado a confeccionar planes en dicho periodo, para la

cadena de suministro basados en las previsiones de las ventas actuales, lo que implicará una mayor precisión en las previsiones.

Miao (2003) establece que la diferencia entre el concepto de CPFR y otros conceptos utilizados para la gestión de la cadena de suministro recae, principalmente, en el concepto de la colaboración. La filosofía principal del concepto CPFR es la colaboración verdadera, lo que de forma implícita quiere decir que existirán muchos esfuerzos de coordinación entre los miembros de la cadena de suministro que podrían no ser considerados como colaboración verdadera. Por ejemplo, la información de los niveles de inventario es una forma de información en tiempo real y podría reflejar en pequeños instantes la demanda verdadera del cliente. También, debido a la inexactitud de la información del inventario, los miembros de la cadena de suministro podrían finalizar el proceso teniendo poca integridad de los datos y por consiguiente un plan de reaprovisionamiento inadecuado. Así, la colaboración verdadera requerirá que los participantes compartan la información en tiempo real, que integren sus sistemas asociados a la cadena de suministro, y que de forma conjunta se trabaje en la consecución de las metas de negocio. Esto quiere decir que los socios comerciales se auto-impondrán ciertas condiciones en beneficio de las relaciones con los otros socios de modo que se comportan de forma conjunta los beneficios y riesgos del proceso. De acuerdo con **Andrew y White (2000)**, la colaboración verdadera implica:

- Las entidades de la cadena, de forma conjunta, comparten la información que se requiera (previsiones, planes, pedidos, etc.).
- Las entidades de la cadena están de acuerdo con la información.
- Las entidades utilizan la información para tomar decisiones.
- Las entidades miden de forma conjunta sus planes de acción.
- Las entidades se benefician de las acciones relacionadas con la cadena.

Además de la colaboración verdadera, se plantea que los otros elementos del concepto CPFR son el intercambio y la integración. El intercambio se refiere al intercambio de datos útiles, que en dicho caso se denominará información. La integración se refiere a que la información que se comparte entre las entidades de la cadena sea procesable en los diferentes sistemas asociados al proceso de negocio de la cadena.

VICS (2005) establece que los cuatro escenarios estándar para CPFR son: colaboración en el abastecimiento de los almacenes (o *Store replenishment collaboration*), colaboración en los procesos del tipo detallista (o *retail event collaboration*), colaboración en el abastecimiento (o *replenishment collaboration*) y colaboración en la planificación de las diferentes variedades de productos (o *collaborative assortment planning*). Así, en el trabajo de **VICS (2005)** se trata el *store replenishment collaboration*, cuyas alternativas de planificación se basan en la información del detallista (*retailer-managed release* o RMR) y la información proveniente de los sistemas tipo VMI (*vendor-managed release* o VMR).

De acuerdo con lo anterior, para un modelo RMR, el detallista comparte los niveles de stock post previsión así como los eventos asociados a

los cambios en los niveles de stock y planes de pedido con el fabricante, quien utilizará dicha información para preparar cantidades específicas para la venta. Dependiendo de las condiciones y la información que ambos posean, existirá la posibilidad de negociación, que en el modelo de referencia CFPR corresponderá a la gestión de los pedidos.

Por otro lado, para un modelo VMR, el detallista comparte los históricos de *stock*, el inventario de productos, planes, etc. y, de forma opcional, se comparten los niveles de stock post previsión para cada ítem. Con esto, el fabricante ajusta sus parámetros de pedido para tener niveles de inventario adecuados y cumplir con las expectativas de la demanda. Para el modelo de referencia CPFR, este caso se corresponde con el de gestión de suministro para el inventario o para la gestión al detalle del inventario tipo VMI. Lo cual dependerá del instante en que el detallista proporciona un pronóstico de venta.

Un panorama general del *store replenishment collaboration*, para la previsión de las ventas y la planificación de pedidos será:

- **Previsión de las ventas.** Para el modelo RMR y VMR, el detallista comparte históricos de ventas, los niveles de inventario y otros datos de la cadena de suministro (si están disponible). Específicamente en el modelo RMR, el detallista desarrolla y comparte las previsiones de los puntos de venta que incorporan las expectativas de las ventas base y por promociones, así como las cantidades que existen en inventario. Además, el detallista ajusta las previsiones según sea necesario tener en cuenta la retroalimentación del fabricante. Especialmente para el modelo VMR, el detallista, el fabricante o ambos desarrollan una previsión de tipo “punto de venta” para el nivel del inventario que incorpora las ventas base y por promociones, y comparten los resultados; en este caso, el detallista y el fabricante ajustan sus previsiones para colaborar mutuamente.
- **Previsión de los pedidos.** Para el caso específico de RMR, el detallista desarrolla los planes de los pedido con el fabricante, quien utiliza esta información para preparar las cantidades de venta específica, en caso de que el fabricante posea alguna restricción se la transmite al detallista para proponer las fechas de entrega que si se ajusten a la planificación de las previsiones. Por último, el detallista revisa aquellas excepciones en la planificación de los pedidos y ajusta el pedido según sea necesario para apoyar la colaboración. Para el caso específico del modelo VMR, el fabricante desarrolla los planes de los pedidos y prepara las cantidades específicas de stock para la venta. El fabricante propone las restricciones solicitando las cantidades diferentes o sugiere una fecha de entrega alternativa de acuerdo con los horizontes establecidos en los acuerdos corporativos. Por último, el detallista revisa los planes de los pedidos del fabricante y destaca cualquier cambio que considere incorporar en dichos planes.

Poler et al. (2006) plantean que la gestión de la previsión colaborativa proveerá de instrumentos eficientes y efectivos que ayudarán a

la cadena de valor en la obtención de una gestión de las previsiones de los productos y servicios complejos, así como el aumento en la precisión de las previsiones de la demanda. También establecen que la previsión colaborativa debe implicar un compromiso entre la reducción del stock y los incrementos en los servicios, ya que esto se traducirá en reducciones en los costes y en un incremento de la satisfacción de los clientes. En este sentido, la información más relevante y necesaria (entre los componentes de la cadena de suministro) para elaborar un adecuado y preciso proceso de previsión colaborativa son los históricos de ventas, la información de las promociones, la obsolescencia de los productos, los planes maestros de producción y las previsiones de las demandas locales. Así es como proponen un modelo de previsión colaborativa para una cadena de suministro basada en una OEM (*Original Equipment Manufacturer*) y estructurada por niveles de proveedores. Cada nodo de la cadena de suministro realiza sus previsiones de las demandas locales, teniendo en cuenta los pedidos internos y externos (a la cadena) y los planes de demanda internos. Este modelo se implementa utilizando tecnología basada en JAVA y con herramientas *Open Source*. Se considera una arquitectura que puede operar en cualquier tipo de red (cable o inalámbrica) y tipo de canal de comunicación o dispositivo, usuario, lugar y servicio. El modelo planteado es uno de los escenarios analizados en el proyecto europeo ECOSELL (*extended collaborative selling chain*) para el establecimiento de una metodología para la previsión colaborativa basada en una empresa virtual (**Rodríguez et al., 2008**).

Hernández et al. (2007) desarrollan y presentan una metodología para la realización de procesos de previsión en un contexto colaborativo. En dicho trabajo se demuestra la importancia de que los nodos de la cadena de suministro establezcan acuerdos que apoyen el intercambio de información, ya que se favorecen los procesos colaborativos en todo ámbito. En este sentido, la metodología propuesta establece cinco aspectos a tener en cuenta para el desarrollo de la previsión colaborativa: (1) identificar los clientes colaborativos y los no-colaborativos, (2) gestionar el envío y recepción de información en cuanto a los planes de demanda y pedidos en firme, (3) desarrollar los procesos de previsión, (4) sumar los resultados y (5) generar una previsión total. Finalmente, para este trabajo, los autores utilizan la técnica de modelado IDEF0.

Poler et al. (2007) realizan una revisión de las aportaciones realizadas por diferentes autores al concepto de previsión colaborativa. El intercambio de información y la colaboración en la gestión de la producción entre integrantes de una cadena de suministro puede aplicarse a diferentes áreas de gestión. Para el análisis de las aportaciones al ámbito de la previsión colaborativa se han definido trece dimensiones genéricas, aplicables al análisis de cualquier otro proceso colaborativo. Se concluye que la mayoría de los autores se centran en la descripción de las ventajas de la previsión colaborativa y la relacionan con otros procesos colaborativos (como por ejemplo CPFR), sin embargo, escasean las aportaciones más relacionadas con las herramientas a utilizar o los métodos para llevar a la práctica el proceso colaborativo

Småros (2007), tras el desarrollo de sus investigaciones en el marco de la previsión colaborativa, establece que si bien bajo esta perspectiva se podrá mejorar la eficiencia de la cadena, las aplicaciones a gran escala siguen siendo escasas. Por lo tanto, con tal de dar un soporte a esta falta de desarrollos empíricos, se realizan una serie de experimentos en cadenas de suministro reales para obtener una aproximación más fidedigna en relación con las mejoras que se experimentan tras la aplicación de una previsión colaborativa. En relación con lo anterior, se destaca el hecho de que una de las complicaciones que las previsiones clásicas consideran, es que la mayoría de las entidades de la cadena pueden considerar supuestos de poca validez para los demás nodos respecto a la previsión de necesidades, las necesidades de recursos y las capacidades de los fabricantes, no visualizándose los beneficios de una previsión colaborativa. En este sentido, bajo el contexto de cadena de suministro, los aspectos que favorecen el desarrollo de la previsión colaborativa son:

- Las inversiones requeridas en tecnologías que soporten la colaboración no son un obstáculo para el desarrollo de la previsión colaborativa a gran escala.
- Las capacidades limitadas de previsión de los detallistas no impiden el intercambio de información para el desarrollo de la previsión colaborativa por parte de los fabricantes.
- La previsión colaborativa al tener en cuenta los diferentes horizontes de planificación y los niveles de agregación considera las necesidades diferentes de ellos.

No obstante, tras el estudio realizado por **Småros (2007)**, se destaca el hecho de que bajo la existencia de intervalos de producción prolongados e impedimentos para la integración de los diferentes planes de producción, la dificultad para llevar a cabo un proceso de previsión colaborativa, que tenga en cuenta las informaciones de demanda compartidas, será mayor para el fabricante.

Poler et al. (2008) proponen un modelo de previsión colaborativa para dar soporte a empresas de fabricación situadas en una red de suministro. En este sentido, se propone un nuevo método para que la colaboración entre las empresas situadas en la red se vea favorecida por las previsiones que estas generen respecto a la demanda y planes de producción. Tras un análisis soportado por la simulación de escenarios colaborativos y no-colaborativos, en el que se tienen en cuenta los parámetros de nivel de inventario y nivel de servicio al cliente, se demuestra que la trasmisión de los planes de demanda entre clientes y proveedores ayuda a la reducción de niveles de inventarios y al aumento del nivel de servicio al cliente.

Adicionalmente, **Stubbings et al. (2008)** presentan un prototipo basado en redes neuronales para soportar el proceso de previsión colaborativa. La idea principal es considerar el hecho de que las organizaciones participan en el intercambio de información, compartiendo y cooperando de manera conjunta en el desarrollo de las previsiones, siendo

posible apoyar, por ejemplo, la planificación de los recursos. Por lo tanto, el prototipo considera una configuración modular de redes neuronales. Esto favorece la propagación bidireccional y automática de las previsiones de demanda entre los clientes y los proveedores, con lo cual la colaboración podrá tener tanto una connotación directa como indirecta. De esta manera, bajo la perspectiva colaborativa de la previsión, se tiene en cuenta tanto la información interna como externa de la organización, generando implicaciones directas en los niveles de servicio.

Así mismo, **Shu et al. (2008)** establecen que la esencia de la previsión colaborativa en la cadena de suministro consiste en la clasificación de las previsiones de demanda y ventas según su estructura jerárquica en la cadena. Esto quiere decir que la previsión se realizará de manera jerárquica ascendente de modo que, si las fuentes y características de la información son diferentes, se extraen los factores comunes para realizar la previsión colaborativa. Así, según las experiencias empíricas realizadas por **Shu et al. (2008)** se logra establecer los siguientes aspectos relevantes de la previsión colaborativa:

- La precisión de las previsiones de las ventas se incrementan.
- Existe una identificación más clara de los factores comunes en relación con la realización de previsiones locales.
- El valor de los factores de venta es diferente para cada empresa de la cadena suministro aun siendo estos factores los mismos para cada una.
- La identificación de factores se soporta en los históricos de ventas respecto a las diferentes áreas de la empresa.
- La previsión colaborativa implica mejoras en las previsiones individuales de las empresas, lo que contribuye a las previsiones de demanda de productos, también, individuales.
- De forma general, la previsión colaborativa realizada en base a factores provenientes de múltiples áreas será mejor que la superposición de las previsiones individuales de las múltiples áreas. Esto implica que la previsión colaborativa, que engloba la información de las diferentes empresas de la cadena de suministro, mitiga el error de las previsiones en la cadena de suministro.

De todos modos, frente a las bondades que la previsión colaborativa presenta, **Shu et al. (2008)** destacan que la obtención de previsiones ajustadas a los requerimientos de las empresas, y de la cadena de suministro, es una labor difícil en cuanto a la identificación de los factores en relación con, por ejemplo, la previsión de las ventas en las diferentes áreas no siempre considerará los factores adecuados, por tanto, la corrección de los datos de entrada siempre ayudará a contribuir con una exactitud mayor de las previsiones.

Hernández et al. (2009a), teniendo en cuenta los trabajos de **Hernández et al. (2007)**, **Poler et al. (2008)** y **Hernández et al. (2009b)**, presentan un estudio basado en sistemas multiagente para

soportar el proceso de previsión colaborativa en una cadena de suministro de tipo red. El estudio se centra en la identificación de los nodos de la cadena de suministro para establecer la definición de los agentes y la estructura de información que han de tener para soportar la perspectiva descentralizada de la colaboración. De acuerdo con este estudio, y los experimentos soportados por el sistema multiagente propuesto, se demuestra que las desviaciones en las previsiones resultan menores para el caso de la previsión colaborativa frente al caso de la previsión clásica.

En esta misma línea, **Nakano (2009)**, analiza el impacto interno y externo de la previsión colaborativa en la planificación de los procesos logísticos de la cadena de suministro. Así, se destaca la relación positiva entre los procesos de planificación y previsión colaborativa en un sentido jerárquico bidireccional. Desde un punto de vista interno, la previsión colaborativa implicará un impacto positivo en los procesos de fabricación. Por otro lado, desde un punto de vista externo, el impacto positivo estará en la logística y el rendimiento de los procesos de fabricación. Por lo tanto, desde un punto de vista empírico, **Nakano (2009)** establece que, según una colaboración con junta entre los procesos de previsión y planificación, los fabricantes podrán desarrollar procesos de previsión más exactos, con lo cual se favorece la coordinación en el intercambio de recursos, así como la concesión de planes más precisos.

Desde la misma perspectiva de la identificación de factores, **Ramanatham y Muyldermans (2010)** consideran que el proceso de previsión continúa siendo uno de los procesos más complejos en la gestión de la cadena de suministro. Por lo que, para apoyar esta complejidad, resulta necesario incluir tecnologías que ayuden a coordinar y mejorar el intercambio y la combinación de información. Para esto, además de los ya destacados factores internos externos, la estructura de la cadena también juega un rol importante para identificar los factores vinculados con la previsión de la demanda. De esta forma, la identificación de variables endógenas al proceso como: factores de promoción, factores estacionales, preferencias de los clientes; ayudará al establecimiento de indicadores relacionados con la previsión colaborativa de la cadena de suministro. Por otro lado, la previsión colaborativa podrá tener en cuenta variables exógenas como, por ejemplo, el comportamiento de las ventas. Así, el proceso de previsión colaborativa resulta ser, cada vez más, de ayuda para tener en cuenta las informaciones tanto internas como externas de la cadena de suministro para apoyar los procesos locales de previsión.

Finalmente, un reciente estudio realizado por **Zhu et al. (2011)** es establece que el intercambio de información es cada vez más posible según la aparición de nuevas tecnologías. Para efectos del desarrollo de las previsiones en un entorno colaborativo de cadena de suministro, el esfuerzo de recolección de información sigue siendo una tarea difícil y compleja en el contexto de la identificación de factores comunes para apoyar las previsiones globales y locales de la cadena de suministro. Por ejemplo, las relaciones existentes entre fabricantes y minoristas que soportan la previsión colaborativa, implica la inversión en elementos como hardware, software,

datos y horas de trabajo para la sincronización de los datos para mejorar la exactitud en las previsiones y de los beneficios indirectos que esto generará, comúnmente, en el largo plazo.

Finalmente, la Tabla 6 presenta un resumen de los temas tratados por los autores estudiados en cuanto a la Previsión Colaborativa: definición, ventajas, ámbito de aplicación, entornos considerados, metodologías propuestas y herramientas utilizadas.

Tabla 6. Resumen del estado del arte sobre previsión colaborativa.

Autor	Definición previsión colaborativa	Ventajas previsión colaborativa	Ámbito previsión colaborativa	Entorno previsión colaborativa	Metodología previsión colaborativa	Herramienta previsión colaborativa
Lapide (1999)	X	X	Beneficios a partir del establecimiento de una previsión colaborativa	Cadena de suministro\ Cliente-proveedor		
Boone y Ganeshan (2000)			Mejora del proceso de previsión	Cadena de suministro		
Helms et al. (2000)	X	X	Definiciones y caso de aplicación	Cliente-proveedor		SAP\ WEB
Johnson (2000)		X	Modelado colaborativos de datos	Cliente-proveedor		
Aviv (2001)	X	X	Los efectos de utilizar una previsión colaborativa	Cadena de suministro\ Cliente-proveedor		
Lewis et al. (2001)			Previsión colaborativa en un contexto n-Tier	Clúster\ Lineal\ Flujo\ Cadena de suministro\ Cliente-proveedor		

Autor	Definición previsión colaborativa	Ventajas previsión colaborativa	Ámbito previsión colaborativa	Entorno previsión colaborativa	Metodología previsión colaborativa	Herramienta previsión colaborativa
Shobrys y White (2001)		X	Utilización de OLAP para apoyar las previsiones	Cadena de suministro		OLAP
Caplice y Sheffi (2003)	X	X	Aspectos relevantes del proceso de previsión	Cadena de suministro\ Cliente-proveedor		SYNCRA
Huang y Chung (2003)	X	X	Exploración de sinergias entre previsiones locales y colaborativas	Cadena de suministro		
McCarthy y Golicic (2003)		X	Previsión colaborativa bajo ambiente WEB	Cadena de suministro\ Cliente-proveedor		UML\ WEB
Ashayeri y Kampstra (2003)	X	X	Aspectos relevantes del proceso de previsión bajo un contexto CPFR	Cadena de suministro	x	
Miao (2003)	X		Introducción CPFR	Cadena de suministro	x	
VICS (2005)	X		Escenarios CPFR estándar	Cliente-proveedor		

Autor	Definición previsión colaborativa	Ventajas previsión colaborativa	Ámbito previsión colaborativa	Entorno previsión colaborativa	Metodología previsión colaborativa	Herramienta previsión colaborativa
Poler et al. (2006)	X	X	Gestión de la previsión colaborativa	OEM Cadena de suministro		JAVA
Hernández et al. (2007)	X	X	Metodología para apoyar los procesos de previsión colaborativa	Cliente-proveedor	X	® Ms Excel
Poler et al. (2007)	X	X	Estado del arte previsión colaborativa			
Småros (2007)	X	X	Estudio del impacto de la previsión colaborativa en cadenas de suministro europeas del sector de los alimentos	Fabricante-detallista	X	
Poler et al. (2008)	X	X	Aplicación de la simulación para el desarrollo de previsiones colaborativas en cadenas de suministro	Cadena de suministro		Rockwell Arena
Rodríguez et al., 2008	X	X	Proceso de previsión colaborativa en el nivel estratégico	Cadena de suministro		
Stubblings et al. (2008)		X	Cálculos modulares de previsión	Cadena de suministro		Tecnologías de redes neuronales

Autor	Definición previsión colaborativa	Ventajas previsión colaborativa	Ámbito previsión colaborativa	Entorno previsión colaborativa	Metodología previsión colaborativa	Herramienta previsión colaborativa
Shu et al. (2008)	X	X	Identificación de factores entre empresas para apoyar la previsión colaborativa	Cadena de suministro		
Hernández et al. (2009)	X		Colaboración descentralizada	Cadena de suministro	X	JADE
Nakano (2009)		X	Impactos internos y externos en los procesos de previsión y planificación colaborativa	Cadena de suministro	X	
Ramanatham y Muyldermans (2010)		X	Identificaciones de factores de promoción relevantes en el proceso de previsión colaborativa	Cadena de suministro		
Zhu et al. (2011)		X	Importancia de las previsiones bajo un contexto colaborativo de cadena de suministro	Fabricante-minorista		

De la Tabla 6 se concluye que la documentación referida al estudio de la previsión colaborativa es escasa en comparación con otros temas relacionados como son la planificación y el aprovisionamiento colaborativo. La mayoría de los autores parten de la base que las empresas requieren de las previsiones para ajustarse a los pedidos futuros de los clientes y combatir las fuentes de incertidumbre que puedan existir. En el contexto colaborativo se plantea que la previsión se conseguirá en base a un mutuo acuerdo entre el fabricante y el proveedor, de modo que ambos se intercambian la información para ajustar sus previsiones. Todo lo relacionado con la previsión colaborativa se encuentra como un sub-estudio o análisis de problemáticas relacionadas con la planificación colaborativa, no centrándose de lleno en los problemas de aprovisionamiento. Esto conlleva una escasa existencia de metodologías que apoyen o mejoren los procesos de previsión colaborativos.

Por lo tanto, tal y como visto en el sub-apartado anterior en relación con la planificación colaborativa, el presente apartado ha señalado las ventajas y requerimientos importantes, desde un punto de vista cronológico de las aportaciones científicas de los autores, para apoyar el proceso de previsión colaborativa. No obstante, tal y como expresado por **Zhu et al. (2011)**, estos procesos colaborativos, por sí solos, no permiten a las empresas que colaboran en una cadena de suministro, visualizar las ventajas y beneficios de estas filosofías. Por otro lado, dado que uno de los aspectos importantes de la gestión de la cadena de suministro se relaciona con el cómo los productos fluyen una vez definidas las previsiones y los planes de pedidos, se presenta en el siguiente sub-apartado las aportaciones científicas para el proceso de aprovisionamiento en cadenas de suministro bajo una perspectiva colaborativa.

2.3.2.3 EL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO COLABORATIVO

El aprovisionamiento en entornos de gestión de la cadena de suministro, debe tener en cuenta los procesos de gestión de la información de modo que, en un tiempo aceptable, se apoyen los procesos relacionados con la producción y el transporte de materiales. Respecto a los procesos de distribución y aprovisionamiento, relacionados con la gestión del transporte, **Satapathy y Kumara (2000)** indican que este proceso se relaciona con la necesidad de transportar una variedad de productos a diferentes destinos en un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta costes y calidad adecuados. En este contexto **Stank et al. (1999)** comentan que muchas empresas han preferido sistemas de aprovisionamiento automático para reabastecer los inventarios de acuerdo a generadores de demanda, en vez de considerar las previsiones basadas en datos históricos orientadas a la generación de stocks de seguridad. Según **Andel (1996)**, **Cottrill (1997)** y **Keh y Park (1997)** estarían orientados a satisfacer posibles demandas en el largo plazo, bajo una teoría “*Just in case*”. Por esta razón, las empresas están llevando la cooperación de la cadena de suministro a otros niveles en los que se involucra la planificación, previsión y aprovisionamiento en un contexto colaborativo (CPFR). Los programas automáticos de aprovisionamiento se conocen por la sigla ARP (*automatic replenishment programs*) que proveen una guía para el aprovisionamiento de los niveles de inventario día a día, contrastando con los sistemas CPFR que se preocupan de una planificación más a largo plazo. CPFR plantea una planificación en común y colaborativa para establecer proyecciones a largo plazo las cuales se actualizan constantemente basadas en los cambios actuales de la demanda y del mercado. De acuerdo con **Tosh (1998)** los sistemas CPFR representan el paso que va más allá de las respuestas eficientes que el consumidor requiere, como por ejemplo los sistemas ARP, dado el nivel alto de cooperación y colaboración que se necesita. **Kolozyc (1998)** plantea que los sistemas CPFR pueden generar una producción y envío de los productos más exactos así como una mayor responsabilidad para los fabricantes. Adicional a lo anterior, **Moad (1997)** establece que la planificación colaborativa requerirá de un apoyo extensivo, productos basado en Internet y procesos de cambio que incluyan el negocio que domina el entorno. El

éxito de las operaciones basadas en Internet recae en la instantaneidad de los movimientos de información relacionados a la planificación de pedido de los clientes, que asocian identificadores de confirmación para el seguimiento de los pedidos. Esto, exige una integración total de la cadena de suministro de modo que se comparta la información en tiempo real entre todas las entidades de dicha cadena. Dado los niveles de seguridad que se exigen de la información, **Ruriani (1998)** plantea que se requerirá de sistemas tecnológicos de información sofisticados, que incluyan todos los componentes de la cadena de suministro para permitir un flujo adecuado. La obtención de los recursos y la sincronización de los sistemas que den seguridad y compatibilidad de los datos será un reto permanente para la implementación (**Doherty, 1998; Saccomano, 1998**). Posteriormente, **Stank et al. (1999)** señalan que, dadas las aplicaciones y problemáticas existentes en los entornos CPFR para el caso de los programas automáticos de abastecimiento, resultaría interesante responder a interrogantes tales como:

¿Cuáles son los niveles actuales de implicación en las organizaciones para favorecer la colaboración, utilizando programas automáticos de aprovisionamiento de inventarios?

¿Cómo de satisfactorios han resultado estos programas respecto al logro de las metas en cuanto a cambios en los procesos de operación y del comportamiento, así como en los altos niveles de las capacidades del sistema?

Fu et al. (2000) plantean una gestión colaborativa de los inventarios en una cadena de suministro orientada a procesos, utilizando teorías de sistemas multiagentes, para establecer un modelo de simulación. Con este fin, se configura un marco de trabajo teórico, en el que se destaca la gestión colaborativa del inventario y se extiende el modelo a la gestión de la cadena de suministro, con el propósito de sincronizar las decisiones y las acciones relacionadas a éstas. En este sentido, se deduce que las limitaciones principales para conseguir los objetivos de una gestión eficiente del inventario en la cadena de suministro recaen en la habilidad que se posea para colaborar tanto en las decisiones como en las acciones pertinentes. Se conforma entonces, un marco de trabajo teórico para la gestión colaborativa del inventario sobre la base de tres etapas.

- La primera, se refiere a la previsión colaborativa de la demanda, en la que el objetivo es obtenerla en forma sincronizada e identificar los modos de movimiento de los productos. Esta previsión, sincronizada y compartida, así como los diferentes modos de movimiento de la producción, se pueden transformar en el fundamento indispensable para la planificación y el aprovisionamiento del inventario.
- La segunda etapa, considera la planificación colaborativa del inventario como soporte al posicionamiento del inventario en la red de cadena de suministro respecto de los resultados obtenidos a partir de la previsión colaborativa de la demanda. Esta etapa

significa el stock de seguridad para resolver los problemas asociados a la incertidumbre en el compartimiento de las cadenas de suministro.

- En la tercera etapa, denominada aprovisionamiento colaborativo, se facilita la gestión colaborativa de inventario

Smeltzer (2001) comenta la reconocida importancia que tienen en la actualidad las cadenas de suministro, gracias a lo cual el comercio electrónico ha crecido rápidamente; pero que sin embargo, no se ha explotado todo el potencial que tiene para dicha cadena. . Una de las razones más importantes de ello se atribuye a que las pequeñas y medianas empresas, en un contexto de cadena de suministro, no se encuentran electrónicamente conectadas, debido a que los sistemas, desarrollados para grandes empresas, son poco flexibles para su implementación en empresas más pequeñas, en su mayoría en sistemas EDI. A esto, habría que agregar que la gran empresa, en cuanto a sus características, dista mucho de lo que es una pequeña o mediana empresa, siendo posible destacar tres diferencias principales: las grandes compañías son más diversas y por lo general se relacionan con mercados ya maduros, por lo que es muy probable que se posean sistemas sofisticados de control y coordinación. La experiencia obtenida en la elaboración de estos sistemas implicará que las tecnologías de la cadena de suministro ayudarán a disminuir el nerviosismo organizacional (**Daft, 1998**), y podrán adquirir nuevas y costosas tecnologías para apoyar el proceso productivo, lográndose un bajo impacto en cada unidad productiva.

Ashayeri y Kampstra (2003) proponen la noción de colaboración como un nuevo paradigma de los procesos de negocio donde se permite una eficacia mayor en los procesos. Esto incluye la planificación, la gestión monitorizada y el control de los procesos de negocio para agilizar los tiempos con el mercado, reducir costos y minimizar los riesgos. Define la colaboración como el intercambio de información, funciones y funcionalidad, conocimiento y procesos de negocio con el objetivo de crear una situación *multi-win* para todos los participantes de la comunidad de negocio en la cadena de valor, incluyendo empleados, clientes, proveedores y socios. Es importante notar que la colaboración comienza con la participación individual de las empresas involucradas. De acuerdo con la teoría CPFR, el aprovisionamiento colaborativo corresponde a la última fase según ya visto en la Figura 8.

De esta manera, **Ashayeri y Kampstra (2003)** establecen además que el proceso de aprovisionamiento implicará dos acciones: la ubicación de los pedidos y la distribución de éstos. En el primer caso, la generación del pedido comienza con la gestión de los inventarios en las zonas de almacenamiento y la ubicación de los pedidos; cuando se reciben estos últimos, se requiere que sean transportados y distribuidos a las zonas de almacenamiento correspondientes. El transporte realizará múltiples actividades, de modo que los pedidos se reciban en las zonas de almacenamiento, según las condiciones establecidas; con esto, se considera que el proceso de aprovisionamiento está completo. Respecto con la gestión

de los inventarios, se puede decir que el cálculo y la creación de pedidos controlan la disponibilidad de los productos en los diferentes nodos del canal de suministro y del stock existente en los niveles de almacenamiento. Respecto a la responsabilidad asociada con la gestión del aprovisionamiento colaborativo, hay que señalar que ésta se vincula con la responsabilidad de todos los procesos, donde se tienen en cuenta las personas encargadas del proceso de toma de decisión así como aquellas encargadas de establecer las sugerencias de acción. Quien toma decisiones será el responsable, por ejemplo, de la gestión del sistema de control de inventario (decisiones de aprovisionamiento, etc.), así como de los sistemas de previsión (desarrollo de previsiones, etc.). Posteriormente, en el contexto del aprovisionamiento colaborativo, existirá la posibilidad de que la entidad encargada de generar las sugerencias pueda participar de forma activa en los procesos, por lo cual comparte su información y previsiones que después permitirá analizar los antecedentes disponibles para las etapas de aprovisionamiento e intercambio de información. De esta forma, el intercambio de la información o las previsiones implican un control más preciso del inventario y, por tanto, genera un efecto directo en el comportamiento de las decisiones de aprovisionamiento. A continuación, la entidad encargada de aconsejar realiza sus propios cálculos de aprovisionamiento e intercambia sus puntos de vista respecto del control de inventario y abre las posibilidades de establecer una gestión de las excepciones que apoye la del aprovisionamiento.

García-Dastugue (2003) investiga el desarrollo conceptual de los retrasos dinámicos basado en el tiempo y se comprueban de forma empírica en el contexto de la gestión de productos de corta vida en la cadena de suministro, compuesta por empresas independientes. En este sentido, se consideran como retrasos deliberados de las actividades y se utilizan para reducir los costos de adquisición, fabricación o logística, manteniendo o aumentando los niveles de servicio al cliente. De forma tradicional, los retrasos se implementan por medio del cambio de las secuencias en que las actividades han sido establecidas, mediante la modificación del diseño de los productos o del proceso de fabricación, o reconfigurando la estructura de la red de la cadena de suministro. Los retrasos dinámicos basados en el tiempo son una extensión de una situación de retraso, que es utilizada y adaptada al ambiente de negocio. Están basados en el tiempo porque cuando se desarrollan las actividades el tiempo se ve afectado, pero no la secuencia en que las actividades han sido desarrolladas. Los retrasos dinámicos basados en el tiempo son dinámicos porque representa un método para capturar una cierta cantidad de objetivos de gestión que cambian en un horizonte de tiempo pequeño. Como el ciclo de vida de los productos se acorta con el tiempo, la coordinación de los flujos en las empresas de la cadena de suministro se vuelve más crítico. El aprovisionamiento colaborativo y otros sistemas de respuesta rápida (aprovisionamiento automático o de planificación, previsión y aprovisionamiento colaborativo), se utilizan constantemente para coordinar los flujos de productos entre las empresas individuales. En este sentido, los esfuerzos de investigación en la gestión de ofertas limitadas por el tiempo (LTO) y productos estacionales tienden a

focalizarse en el comienzo y fin de dichas ofertas, entregando pequeñas guías de cómo implementar un aprovisionamiento colaborativo en el transcurso de dichas ofertas. La gestión de un sistema tipo LTO considera el aprovisionamiento colaborativo para representar la implementación de políticas de inventario estático, establecido por un canal al que los proveedores se adaptan. Así, la visión de aprovisionamiento colaborativo se extiende tanto a los proveedores como clientes, por lo que la gestión de la cadena de suministro entregará los insumos para el aprovisionamiento colaborativo. Una cadena de suministro con múltiples nodos se refiere a un sistema multi-etapa (**Graves y Willems, 2000**) o multi-sitio (**Lee y Billington, 1993**). En el multi-etapa un nodo que se conecta con otro aguas abajo representará al proveedor. La necesidad de comprender los inventarios multi-etapa dinámicos recae en que, lo que se requiere de inventario para un nodo, o etapa, se ve afectado por el comportamiento de los nodos proveedores, como por ejemplo la longitud del tiempo de aprovisionamiento (**Hillier y Lieberman 2001**). Modelar el flujo de productos en la cadena de suministro es complejo, por lo que comúnmente el problema se representa en base a una serie de sistemas, que son modelos de inventario simple multi-etapa.

Hugos (2003), en el contexto CPFR, indica que para facilitar la coordinación requerida en la cadena de suministro el grupo VICS (*voluntary interindustry comerse standards*) investiga sobre los temas colaborativos relacionados con la planificación, previsión y aprovisionamiento, que involucran los procesos CPFR, en los cuales se realizan tres actividades:

- Planificación colaborativa, que negocia los acuerdos finales que definen las responsabilidades de la compañía que colaborará con otras.
- Previsión colaborativa, que crea los pronósticos de ventas, identifica las excepciones y las resuelve para proporcionar una previsión común.
- Aprovisionamiento colaborativo, que crea previsiones de pedido para todas las compañías que colaboran, identifica las excepciones entre compañías y las resuelve, para lograr una producción eficiente.

Danese et al. (2004) afirman que la coordinación de redes provee de una base teórica para explicar cómo las compañías pueden tratar las limitaciones y restricciones de manera conjunta, para gestionar los procesos de negocio en las redes de suministro. De forma particular, se trata el caso de la planificación, previsión y aprovisionamiento colaborativo en que los procesos de intercambio entre los socios generan mecanismos de coordinación inter-empresa para planificar, de manera conjunta, aspectos claves de las actividades de la cadena de suministro, desde la producción y envío de materias primas hasta la producción y envío de productos terminales al consumidor final.

Respecto del valor y satisfacción del cliente, **Pramatari y Miliotis (2004)** señalan que es fundamental para la generación de credibilidad con el cliente, desde que el producto se comienza a producir hasta que llega al lugar de almacenado del comprador. De acuerdo a **Colacchio et al. (2003)**, también ayuda a aumentar las ventas y a mejorar de categoría. Una forma

eficaz según **Berger (2002)**, para crear valor y satisfacción es mantener todas las alternativas que un cliente puede presentar (*shelves fully ranged*); pero, en la actualidad, sigue siendo muy frecuente dejar fuera más de alguna consideración, hecho conocido como *out-of-shelf* (OOS). Si bien existe mucha literatura respecto de las reacciones de un cliente frente a una situación de tipo OSS, no existen muchos estudios sobre las razones principales que hay detrás del OOS. **Gruen et al. (2002)** y **Vuyk (2003)**, clasifican las causas más importantes en tres áreas:

- Respecto con las previsiones y al detalle de pedido. El producto no ha sido solicitado o la cantidad no resulta suficiente para satisfacer la demanda actual.
- Respecto con los niveles detallados de stock en los almacenes y las prácticas de aprovisionamiento, donde los productos están en los almacenes, pero no han sido considerados aun. Esta categoría se refiere a todas las razones referidas a localización y utilización de espacio, frecuencias de aprovisionamiento, capacidad del personal a cargo de los estantes.
- Una combinación de las dos características ya mencionadas. Considera los casos en que el producto no ha sido enviado debido a situaciones de falta de stock u otro problema, comúnmente relacionado con los centros de distribución de los detallistas.

De acuerdo con **Gruen et al. (2002)** el gran porcentaje de las causas para que se presente el caso de no tener stock disponible se debe a prácticas de aprovisionamiento.

Por su parte, **The supply chain company (2006)**, plantea que para lograr cumplir con la demanda de los programas de co-gestión de inventario (CMI, *co-managed inventory*) y una gestión vendor del inventario (VMI, *vendor manager inventory*), los fabricantes deben responder con mayor rapidez y entregas a tiempo, actualizaciones precisas y mejorar el servicio al cliente. De ello resulta la solución de aprovisionamiento colaborativo denominada “i2”, que permite a las compañías manejar varios aspectos de sus programas de aprovisionamiento, incluyendo ajustes en la previsión colaborativa, cambios en la demanda del consumidor y gestión de los programas de comportamiento; este sistema informático, que incluye configuración, planificación y ejecución, está diseñado para ofrecer un análisis de las previsiones, promover la colaboración, gestionar la flexibilidad de los cambios de la demanda, aprovisionamiento y monitoreo. . Entre las capacidades que tiene el sistema “i2” están:

- Colaboración, planificación, transacción interrelacionadas.
- Mejoras en la extensión de la planificación y ejecución colaborativa de las soluciones.
- Flujos de trabajo configurables y extensibles.
- Soporte para múltiples programas de aprovisionamiento y variación de productos.
- Análisis de las previsiones y planificación del aprovisionamiento.

En cuanto a beneficios del sistema de aprovisionamiento colaborativo “i2” cabe mencionar :

- Reducción de los tiempos de retraso.
- Mejoras en los servicios al cliente.
- Mejoras en las respuestas frente a cambios en la demanda.
- Aumento de las notificaciones proactivas de los problemas de aprovisionamiento.
- Reducción de costos por medio de las mejoras en la planificación y visibilidad.

Además, **Thron et al. (2006)** sugieren que los fabricantes y los clientes pueden beneficiarse de la visibilidad de la demanda. Entonces, según el estudio realizado por **Thron et al. (2007)** para la evaluación de estructuras alternativas de cadenas de suministro se destaca que bajo la perspectiva de un aprovisionamiento colaborativo se puede mejorar el rendimiento global de la cadena de suministro. Así, por ejemplo, lo demuestran **Hernández et al. (2008)** en su modelo de medición de la calidad de los procesos de toma de decisiones para el proceso del aprovisionamiento colaborativo. Principalmente, los autores demuestran que bajo una perspectiva de aprovisionamiento colaborativo existirá un incremento en la calidad de las decisiones en el nivel táctico y también habrá una reducción de costes en la cadena como un todo, no obstante esto se traducirá en un incremento de los costes de hora hombre en los niveles de decisión operativo. Por lo tanto, a partir de **Hernández et al. (2008)** se extrae la idea de que el proceso de aprovisionamiento colaborativo se podrá medir tanto en el nivel de la calidad de las decisiones así como de los costes involucrados en los recursos para llevar a cabo esta perspectiva colaborativa frente a una clásica.

Por su parte, **Hernández et al. (2010)**, en la línea del estudio que el proceso de aprovisionamiento colaborativo implica en la gestión de de la cadena de suministro, demuestran que tras la aplicación de una perspectiva colaborativa de aprovisionamiento en el proceso de toma de decisión de la gestión del transporte, se podrán generar reducciones en los costes de de transporte debido a que las decisiones de asignación de pedidos de aprovisionamiento contarán con una mayor calidad del flujo de información y, por otro lado, el proceso de cálculo de las órdenes de aprovisionamiento considerará los problemas futuros en los planes de demanda con tal de resolverlos según las restricciones de capacidad de cada transporte. Para esto, los autores utilizan la herramienta de simulación Arena® con tal de observar el compartiendo del flujo físico de materiales y el de transportes.

Finalmente, **Lyu et al. (2010)**, con la idea de medir el impacto que el aprovisionamiento colaborativo implica en la gestión de la cadena de suministro, estudian la integración de la cadena de suministro y como ésta afecta a las operaciones de los proveedores así como al nivel de abastecimiento de los detallistas. Por lo tanto, centran su estudio en los efectos que el aprovisionamiento colaborativo genera en los minoristas. Para considerar la comparación de tres mecanismos (relación directa entre

fabricante y detallista, relación indirecta, y la utilización de entidades distribuidoras) con un comportamiento clásico no-colaborativo. Por lo tanto, el aprovisionamiento colaborativo es medido según la definición de las tasas de llegada del cliente, las políticas de control de inventario y los tiempos periódicos de revisión de los inventarios. Así, según los resultados de **Lyu et al. (2010)**, se establece que las implicaciones para los proveedores y minoristas para coordinar sus mecanismos de aprovisionamiento deberán considerar las relaciones entre los nodos así como las estructuras de la cadena, por lo que una relación más directa entre fabricante y detallista en cuando al intercambio de la información de aprovisionamiento resultará en un impacto positivo en la gestión de la cadena suministro.

Tabla 7. Resumen del estado del arte sobre aprovisionamiento colaborativo.

Autor	Definición	Ventajas del aprovisionamiento colaborativo	Ámbito	Entorno	Metodología	Herramientas
Stank et al. (1999)		X	Programa automático de aprovisionamiento	Cadena de suministro		
Fu et al. (2000)			Gestión del inventario en un contexto colaborativo utilizando sistemas multiagentes	Cadena de suministro		Sistema multi-agente JATLite
Smeltzer (2001)		X	Comercio electrónico	Cadena de suministro		
Ashayeri y Kampstra (2003)	X	X	Gestión de inventarios	Canal de suministro		
Garcia-Dastugue (2003)	X	X	Ofertas limitadas por el tiempo de la gestión de inventarios en la cadena de suministro	Cadena de suministro		
Hugo (2003)	X		Planificación, previsión y aprovisionamiento colaborativo	Cadena de suministro		
Danese et al. (2004)		X	Planificación, previsión y aprovisionamiento colaborativo	Cadena de suministro		

Autor	Definición	Ventajas del aprovisionamiento colaborativo	Ámbito	Entorno	Metodología	Herramientas
Pramatari y Miliotis (2004)			Incremento de las consideraciones en un entorno de pedidos y gestión de inventarios colaborativos para satisfacer al cliente	Cliente proveedor		
Thron et al. (2006)		X	Impacto en los beneficios producto del aprovisionamiento colaborativo según una visibilidad mayor de los planes de demanda	Fabricante-proveedor		
Thron et al. (2007)		X	Evaluación del aprovisionamiento colaborativo según diferentes estructuras de cadena.	Cadena de suministro		
Hernández et al. (2008)	X	X	Medición del impacto en la calidad de las decisiones según un aprovisionamiento colaborativo	Cadena de suministro	X	
Hernández et al. (2010)	X	X	Medición del impacto en los flujos de productos y costes de transporte	Cadena de suministro	X	
Lyu et al. (2010)		X	Escenarios de intercambio de información entre fabricantes y detallistas	Fabricante-detallista		

La Tabla 7, respecto a la documentación científica asociada al aprovisionamiento colaborativo, presenta resultados similares a la Tabla 6. Así, la documentación asociada a este tipo de aprovisionamiento resulta escasa en comparación dado, principalmente, a que la problemática del aprovisionamiento está muy referenciada a los problemas del control de inventarios, dejando el tema del aprovisionamiento colaborativo como un sub-tema de la teoría CPFR. La mayoría de los autores parten de la base que las empresas requieren gestionar el stock para responder a las variaciones de la demanda y combatir las fuentes de incertidumbre que puedan existir. En el contexto colaborativo, el aprovisionamiento se conseguirá en base a un mutuo acuerdo entre las entidades de la cadena de suministro, de modo que ambos que intercambien la información para ajustar sus pedidos. Todo lo relacionado al aprovisionamiento colaborativo

se encuentra como un sub-estudio de análisis de problemáticas relacionadas con la planificación colaborativa, no centrándose de lleno en la problemática del aprovisionamiento. Esto conlleva una escasa existencia de metodologías que apoyen o mejoren los procesos de aprovisionamiento colaborativo.

2.4 TOPOLOGÍAS IDENTIFICADAS EN LOS PROCESOS COLABORATIVOS

Como apartado final de este capítulo, se presentan a continuación las topologías y orientaciones colaborativas detectadas en los procesos colaborativos estudiados (planificación, previsión y aprovisionamiento). Tal como se ha visto en los apartados y sub-apartados anteriores, las topologías pueden ser muchas y diversas. No obstante de esto, el apartado 2.2.4 presenta una serie de topologías que se pueden encontrar fácilmente en la literatura y que sirven como punto de apoyo para la consideración de topologías adicionales. Estas topologías son: diádica (T1), rueda (T2), secuencia (T3), jerárquica (T4), Árbol (T5) y Red (T6).

Así mismo, se ha visto cómo los procesos colaborativos se pueden ver vinculados a dos orientaciones, las centralizadas y las descentralizadas. En el primer caso, suele existir (considerarse) un nodo central que recibe la información de los nodos de la cadena para apoyar, por ejemplo, los procesos de planificación y toma de decisión de los nodos de la cadena de suministro. El segundo caso, el descentralizado, se refiere a aquellas configuraciones en las que cada nodo desarrolla sus procesos colaborativos con aquellos nodos con los que ha acordado colaborar. Por tanto, bajo esta perspectiva, no se requiere compartir toda la información de manera innecesaria. No obstante, aunque sea ésta una perspectiva más realista de cadena, se ha visto que es la menos considerada para efectos de presentar soluciones al proceso de planificación. Esto debido a la alta complejidad que se presenta al existir entornos que no transmiten toda su información entre ellos mismos.

También se ha podido visualizar que las aportaciones científicas consideran un enfoque de decisión de tres niveles, es decir estratégico (para efectos de diseño de la cadena), táctico (con la idea de establecer las acciones para apoyar los procesos de planificación) y operativo (donde se ejecutan las acciones).

De esta manera, el aporte de los autores, teniendo en cuenta las diferentes topologías se expresa en la Tabla 8, la cual considera las siguientes dimensiones:

- **Autor.** autor estudiado de los procesos colaborativos de planificación, previsión y aprovisionamiento.
- **Topología.** Topologías definidas en la Tabla 4 y que se han visualizado en alguno de los procesos colaborativos estudiados.
- **Nodos.** Nodos de la cadena de suministro.
- **Perspectiva colaborativa.** Hace mención a si el proceso colaborativo considera una orientación centralizada o descentralizada.

- **Procesos colaborativos.** Da cuenta de si el proceso colaborativo ha sido alguno de los estudiados (planificación, previsión y aprovisionamiento).
- **Nivel de decisión.** Niveles de decisión en la cadena de suministro.

Tabla 8. Resumen del estado del arte sobre las topologías de cadena de suministro en los procesos colaborativos estudiados.

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
Abid <i>et al.</i> (2004)	T5 T6	Cliente Fabricante Proveedor	Centralizada	Planificación		X	X
Ackerman (2000)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión	X		
Akkerman <i>et al.</i> (2004)	T3 T5	Cliente Fabricante	Centralizada	Planificación			X
Andel (1996)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento		X	X
Andrascki (1999)	T6	Configuración genérica	No específica	Previsión	X		
Ashayeri y Kampstra (2003)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión Aprovisionamiento	X		
Attaran y Attaran (2007)	T3 T5	Cliente Fabricante Distribuidor Detallista Proveedor	Centralizada	Planificación	X	X	
Aviv (2001)	T6	Detallista Proveedor	Centralizada	Previsión	X	X	

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
Axsäter y Rosling (1993)	T3	Configuración genérica	Centralizada	Previsión		X	
Barratt y Oliveira (2001)	T3 T5 T6	Configuración genérica	Centralizada	Planificación Previsión Aprovisionamiento	X	X	
Berger (2002)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento		X	X
Berning <i>et al.</i> (2004)	T1	Cliente Proveedor	Centralizada	Planificación		X	
Boone y Ganeshan (2000)	T1	Configuración genérica	Centralizada	Previsión		X	
Burgin <i>et al.</i> (2000)	T6	Configuración genérica	Centralizada Descentralizada	Previsión	X	X	
Caplice y Sheffi (2003)	T3	Cliente Fabricante Distribuidor Minorista Mayorista Proveedor	Centralizada	Previsión	X	X	
Caridi <i>et al.</i> (2005)	T1	Fabricante	Centralizada	Planificación		X	X

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
		Detallista					
Colacchio <i>et al.</i> (2003)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento	X	X	
Cottrill (1997)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento	X		
Croom (2005)	T3	Cliente Fabricante	Centralizada	Planificación	X	X	
Chen <i>et al.</i> (2007)	T1	Comprador Vendedor	Centralizada	Planificación		X	X
Chu-Carroll y Carberry (2000)	T3 T5	Agentes colaborativos	Descentraliza	Planificación		X	X
Chung y Leung (2005)	T6	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Centralizada Descentralizada	Planificación		X	
Daft (1998)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento	X	X	
Danese (2007)	T1	Cliente Proveedores	Centralizada	Planificación		X	
Danese <i>et al.</i> (2004)	T6	Vendedores	Centralizada	Planificación	X	X	

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
		Proveedores		Aprovisionamiento			
Daugherty <i>et al.</i> (2006)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Planificación	X		
Diehn (2001)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión	X	X	
Doherty (1998)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento	X	X	
Dudek y Stadtler (2005)	T1	Cliente Proveedor	Centralizada Descentralizada	Planificación		X	X
Dudek y Stadtler (2007)	T1	Cliente Proveedor	Centralizada Descentralizada	Planificación		X	X
Forget <i>et al.</i> (2008)	T3 T5	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Centralizada Descentralizada	Planificación		X	X
Frascatore y Mahmoodi (2008)	T1	Fabricante Proveedor	Centralizada	Planificación		X	
Fu <i>et al.</i> (2000)	T3 T4 T5	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento		X	X

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
García-Dastugue (2003)	T3 T5 T6	Cliente Fabricante Proveedor	Centralizada	Aprovisionamiento	X		
Giacomo y Patrizzi (2004)	T6	Configuración genérica	No específica	Planificación	X		
Graves y Willems, (2000)	T6	Configuración genérica	No específica	Aprovisionamiento	X	X	
Gruen <i>et al.</i> (2002)	T3	Configuración genérica	No específica	Aprovisionamiento	X		
Hadaya y Cassivi (2007)	T1	Comprador Vendedor	No específica	Planificación	X	X	
Hernández <i>et al.</i> (2007)	T5 T6	Cliente Fabricante Proveedor	Descentralizada	Previsión		X	X
Hillier y Lieberman (2001)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento	X	X	
Holmströn <i>et al.</i> (2002)	T6	Configuración genérica	No específica	Planificación	X		
Holweg <i>et al.</i> (2005)	T1 T5	Detallista Proveedor	Centralizada	Planificación	X		

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
Huang y Chung (2003)	T4	Configuración genérica	Centralizada	Previsión		X	X
Hugos (2003)	T3 T5 T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento	X		
Ireland y Bruce (2000)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión	X		
Johnson (2000)	T5 T6	Cliente Fabricante	Centralizada	Previsión	X	X	
Juang (2007)	T3 T5	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Centralizada	Planificación	X		
Keh y Park (1997)	T3 T5	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Centralizada	Aprovisionamiento		X	
Kolozyc (1998)	T6	Configuración genérica	No especifica	Aprovisionamiento	X		
Lapide (1999)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión	X		

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
Lee <i>et al.</i> (2000)	T3 T6	Configuración genérica	Centralizada	Planificación		X	
Lee y Billington, (1993)	T6	Configuración genérica	Descentralizada	Aprovisionamiento		X	
Lee y Kumara (2003)	T6	Configuración genérica	Descentralizada	Planificación	X		X
Lewis <i>et al.</i> (2001)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión	X		
Marilyn <i>et al.</i> (2000)	T6	Configuración genérica	Descentralizada	Previsión		X	
McCarthy y Golicic (2003)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión	X		
Mentzer (1999)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión	X		
Miao (2003)	T3	Configuración genérica	Centralizada	Previsión		X	
Min <i>et al.</i> (2005)	T6	Configuración genérica	No específica	Planificación	X		
Nagarajan y Sobic (2008)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Planificación	X		
Nie <i>et al.</i> (2006)	T5	Fabricantes	Centralizada	Planificación		X	X

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
	T6						
Olhager y Selldin (2004)	T3 T6	Cliente Fabricante Proveedor	Centralizada	Planificación	X	X	
Petersen <i>et al.</i> (2005)	T3	Cliente Proveedor	Centralizada	Planificación	X	X	
Pibernik y Sucky (2007)	T5 T6	Cliente Fabricante Proveedor	Centralizada Descentralizada	Planificación		X	
Poler <i>et al.</i> (2008)	T5 T6	Configuración genérica	Descentralizada	Previsión		X	X
Pramatari (2007)	T1 T4	Cliente Fabricante Distribuidor	Centralizada	Planificación		X	
Pramatari y Miliotis (2004)	T1	Fabricante Proveedor	Centralizada	Aprovisionamiento		X	
Pujari <i>et al.</i> (2008)	T3	Cliente Fabricante	Centralizada	Planificación			X
Rau y OuYang (2008)	T1	Cliente	Centralizada	Planificación		X	X

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
		Proveedor					
Reese (2001)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Previsión	X		
Sari (2008)	T5 T6	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Descentralizada	Planificación		X	
Selim <i>et al.</i> (2008)	T6	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Centralizada	Planificación		X	X
Shobrys y White (2001)	T6	Configuración genérica	Centralizada Descentralizada	Previsión	X	X	
Smeltzer (2001)	T4 T5	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento	X	X	
Son y Sheu (2008)	T3	Cliente Fabricante Proveedor	Centralizada	Planificación		X	X
Stank <i>et al.</i> (1999)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento		X	

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
Stubbings <i>et al.</i> (2008)	T4	Cliente Fabricante Proveedor	Centralizada	Planificación Previsión	X	X	
The supply chain company (2006)	T6	Configuración genérica	Centralizada	Aprovisionamiento	X		
Tosh (1998)	T3	Cliente Fabricante Proveedor	Centralizada	Aprovisionamiento		X	X
Tseng <i>et al.</i> (2008)	T6	Fabricante Proveedor	Centralizada	Planificación		X	
van der Vaart y Wojngaard (2007)	T1	Cliente Fabricante	Centralizada	Planificación		X	X
VICS (2005)	T6	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Centralizada	Planificación Previsión Aprovisionamiento	X	X	
Wilson (2001)	T3 T4 T5	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Centralizada	Previsión		X	X

Autor	Topología	Nodos	Perspectiva colaborativa	Procesos colaborativos	Nivel de decisión		
					Estratégico	Táctico	Operativo
White (2000)	T3 T6	Cliente Fabricante Distribuidor Proveedor	Centralizada	Previsión	X		
Yao y Dresner (2008)	T1	Fabricante Detallista	Centralizada	Planificación	X	X	

Como se puede ver en la Tabla 9, se presenta un resumen un resumen cuantitativo de las aportaciones relacionadas con las orientaciones colaborativas. A nivel de totales, el color negro representa el porcentaje total de las aportaciones que consideran una tipología dada. Seguidamente, a nivel de orientación colaborativa (planificación, previsión y aprovisionamiento), y teniendo el total de consideraciones de cada topología, el color negro representa el porcentaje total de las aportaciones que consideran una orientación centralizada y el color blanco una orientación descentralizada. Finalmente, en cuanto a los niveles de decisión, desde un color gris oscuro hasta un color gris claro, se representan las decisiones estratégicas, tácticas y operativas, respectivamente.

Tabla 9. Análisis de las relaciones según la topología y el proceso colaborativo asociado.

Tipología	Total	Planificación	Previsión	Aprovisionamiento	Niveles de decisión
T1 Diádica					
T2 Rueda					
T3 Secuencia					
T4 Jerárquica					
T5 Árbol					
T6 Red					

A partir de la Tabla 9, se puede observar que la topología mayormente considerada es la de tipo red o T6 (56%), en segundo lugar, se encuentran las topologías de secuencia o T3, árbol o T5 y diádica o T1 con un 27%, 24% y 18%, respectivamente. La topología de tipo jerárquica o T4 es la que ocupa el penúltimo lugar con un 7%. Finalmente, la topología tipo rueda (T2) no has sido considerada por los autores estudiados. Seguidamente,

visualizando la topología de red o T6, se puede observar que la perspectiva descentralizada para la planificación y el aprovisionamiento son considerados en igual número de ocasiones (25%). Así, respecto a la mayor cantidad de autores que consideran una perspectiva descentralizada, se observa que es en la topología T5 donde las perspectivas de planificación y previsión colaborativa cobran una relevancia mayor, 31% y 40%, respectivamente. No obstante, según se observa en la Tabla 9, la orientación centralizada es la que más se considera por la mayoría de los autores.

Finalmente, respecto a los niveles de decisión, se observa que el nivel táctico es el que más se ha considerado para todos los casos, es decir, 61%, 46%, 55%, 45%, 41%, para las topologías T1, T3, T4, T5 y T6, respectivamente. Es posible visualizar que, para entornos de colaboración, el nivel de decisión táctico, es decir, los procesos de planificación y la toma de decisiones a medio plazo, son relevantes para soportar los procesos involucrados en las diferentes topologías identificadas.

2.5 CONCLUSIONES

El presente capítulo ha tenido por objetivo presentar una revisión bibliográfica de los trabajos que, bajo un entorno de cadena de suministro, tuviesen en cuenta las perspectivas colaborativas para soportar los procesos de toma de decisión. Estos procesos se han focalizado hacia la planificación, la previsión y el aprovisionamiento de la cadena de suministro. Así, es como se ha visto que los aspectos importantes a tener en cuenta para apoyar los procesos colaborativos son: el intercambio de información, la planificación y gestión de la cadena de suministro, la organización y la configuración de los nodos. Para este último caso, se ha visto que las topologías que se pueden encontrar en la literatura son muchas, y que resulta difícil encontrar alguna estructura o topología genérica que pueda cubrir gran parte de las problemáticas asociadas a la cadena de suministro. No obstante, se han definido seis topologías que pueden ayudar a dar una visualización mejor de lo que es una cadena de suministro. Éstas son: diádica, rueda, secuencia, jerárquica, árbol y red.

No obstante, de forma general, se ha podido observar que la mayor parte de las propuestas revisadas hacen mención a una topología de cadena de suministro genérica. Es decir, una topología que define un número grande de nodos para poder plantear soluciones a los problemas que resulten de utilidad para configuraciones más simples (o menos complejas). Para dichas complejidades, se plantean escenarios colaborativos que ayuden a mitigar los posibles conflictos que los nodos pueden presentar. Estos escenarios, según se ha podido observar en la Tablas 5 y la Tabla 9 del presente capítulo, podrán tener dos orientaciones: centralizada o descentralizada. En el primer caso, los nodos de la cadena estarán dispuestos a compartir la información que sea necesaria con tal de apoyar el proceso, por ejemplo, de planificación. Además, este tipo de orientación, en la mayoría de los casos, contempla la utilización de un nodo central que suele denominarse empresa virtual. Esta empresa virtual se encarga de establecer las necesidades de información que se requiere para poder

realizar los procesos de planificación, o incluso la previsión, correspondiente. Por otro lado, la perspectiva descentralizada es aquella en la que cada nodo se encarga de sus propios procesos colaborativos y, por tanto, de identificar con qué nodos de la cadena le interesa colaborar e intercambiar la información, la cual podrá ser total o parcial dependiendo del nivel de colaboración.

De esta forma, se ha visto que las configuraciones que soportan los procesos colaborativos, en su mayoría son del tipo cliente, fabricante y proveedor. En el caso de que desarrollen una planificación conjunta (o colaborativa), los nodos intercambiarán los planes de la demanda a modo de información de entrada para cada nodo. En base a esto se podrá, por ejemplo, soportar los procesos de toma de decisión de los nodos teniendo en cuenta la información mucho más precisa que si no se intercambiase la información para apoyar la colaboración en la cadena. El objetivo principal es que los nodos puedan incrementar sus beneficios tanto a nivel individual como a nivel global de la cadena.

Respecto al estudio del proceso de planificación colaborativa, es posible destacar que, de forma general, éste es un proceso que se caracteriza por encontrar puntos en común entre los diferentes planes circunscritos a los diferentes nodos que pertenecen a la cadena de suministro (independiente de la topología a la que éstos pertenezcan). Principalmente, será el intercambio de información la piedra angular que soportará este proceso, el cual considera la consecución de acuerdos como actividad principal para conseguir incrementos en los beneficios, ya sea de los nodos, de la cadena entera o de ambos. Por lo que la planificación colaborativa se conseguirá según el intercambio oportuno, por ejemplo, de planes de fabricación, con la idea de tratar cada problema de planificación como sub-problemas de planificación de la cadena completa. Por lo que, teniendo en cuenta las características heterogéneas de los nodos de la cadena, se ha visto también que en un entorno de planificación colaborativa, la existencia de discrepancias entre los nodos será algo natural a tener en cuenta. Esto se debe a las características competitivas que cada nodo de la cadena considera. Por lo tanto, el proceso de planificación colaborativa es un proceso que tiene en cuenta estos conflictos durante el proceso de planificación de los nodos.

Basado en lo anterior, y teniendo en cuenta los comportamientos diferentes que se pueden encontrar en una cadena de suministro, es necesario visualizar el proceso de planificación colaborativa tanto desde un punto de vista global como individual. Por lo que, el proceso de planificación colaborativa ayudará a reducir costes en la cadena completa así como, además, ayudará a incrementar los beneficios de los nodos individuales. Esto se deberá, fundamentalmente, a que el proceso de planificación colaborativa implicará reducciones de costes a niveles superiores de la cadena.

De igual modo, la planificación colaborativa no es un proceso plenamente entendido e incorporado por los participantes de una cadena de

suministro que se encuentra en un entorno colaborativo. Esto es debido a que sus interpretaciones pueden ser muchas y variadas. Para esto, se plantea que la noción de planificación colaborativa es aquella en la que los nodos, por ejemplo, clientes y proveedores, consideran la generación conjunta de sus planes con tal de generar procesos de previsión y configuraciones estratégicas más adecuadas para incrementar sus beneficios y reducir sus costes. Por lo tanto, en líneas generales, es posible decir que la planificación colaborativa implicará un proceso de toma de decisión conjunto. En este contexto, se ha visto que la planificación colaborativa ayudará a los procesos de coordinación de las decisiones de los nodos con tal de incrementar la eficiencia en sus procesos. Esta coordinación se podrá conseguir, en la mayoría de los casos, según un proceso de negociación entre los nodos, que se soportará por la sincronización de los planes de demanda de los nodos (de una misma cadena o de cadenas diferentes) donde exista, por ejemplo, un flujo de productos en común.

No obstante, aunque el proceso de planificación colaborativa apoya la coordinación entre los planes de demanda de los nodos e implica la obtención de mejoras en los procesos de planificación de la producción, es importante destacar que los procesos de previsión y aprovisionamiento aun considerando esta perspectiva colaborativa de la planificación, siguen siendo procesos, cuyas problemáticas, se han de tratar por separado en el contexto de la gestión de la cadena de suministro. Estos dos procesos no solo consideran el intercambio de información, sino que también consideran la combinación de las informaciones intercambiadas. Esto implica la consideración de factores en común para el tratamiento (o procesamiento) de la información intercambiada, con lo cual se ha visto que resulta necesario el estudio independiente de los procesos de previsión colaborativa y aprovisionamiento.

Respecto a la documentación referida al estudio de la previsión colaborativa se ha podido identificar que, a diferencia de la relacionada con el proceso de planificación colaborativa, es escasa. Así, la mayoría de los autores consideran como conocimiento base el hecho de que las empresas requieran de previsiones precisas para ajustarse a los pedidos futuros de los clientes y combatir las fuentes de incertidumbre que puedan existir. En el contexto colaborativo la previsión se conseguirá en base a un acuerdo mutuo entre los nodos (por ejemplo, fabricante y proveedor), de modo que ambos se intercambien la información para calcular y ajustar sus previsiones. Todo lo relacionado con la previsión colaborativa se encuentra como un sub-estudio a análisis de problemáticas relacionadas con la planificación colaborativa. De esta forma, se ha visto que el objetivo de la previsión colaborativa no es solo mejorar la precisión de las previsiones, sino que además se plantea establecer los enlaces correspondientes entre la información interna y externa para mejorar el comportamiento de la cadena de suministro. Así, la previsión colaborativa ayuda a mejorar el control y la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro, para tener respuestas rápidas frente a los cambios posibles en los patrones de la demanda, la reducción de los inventarios y, en definitiva, para mejorar los niveles de servicio.

Por otra parte, en relación con el aprovisionamiento colaborativo se ha visto que su estudio es escaso en comparación con el resto de los procesos estudiados dado, principalmente, a que la problemática del aprovisionamiento está muy vinculada a los problemas del control de inventarios, dejando el tema del aprovisionamiento colaborativo como un sub-tema de la teoría CPFR. La mayoría de los autores parten de la base que las empresas requieren gestionar el stock para responder a las variaciones de la demanda y combatir las fuentes de incertidumbre que puedan existir. En el contexto colaborativo, se habla que el aprovisionamiento se conseguirá en base a un mutuo acuerdo entre las entidades de la cadena de suministro, de modo que los nodos involucrados se intercambien la información para ajustar sus pedidos. Así mismo, todo lo relacionado con el aprovisionamiento colaborativo se encuentra, igual que el caso de la previsión colaborativa, relacionado con un sub-estudio de las problemáticas relacionadas a la planificación colaborativa, no centrándose de lleno en la problemática del aprovisionamiento.

Finalmente, se puede decir que los procesos colaborativos, en general, resultan de la necesidad, por parte de los nodos de la cadena de suministro, de favorecer la integración de: flujos de información, flujos de productos, flujos de transporte, procesos de toma de decisión y maximización de los beneficios. Para esto resulta importante, por una lado, favorecer las prácticas colaborativas en los diferentes procesos de la cadena de suministro y, por otro lado, establecer los mecanismos de acción adecuados para aprovechar los beneficios y las ventajas de las prácticas colaborativas. Sobre todo para hacerlas perdurar en el tiempo teniendo en cuenta la evolución y los cambios continuos en el comportamiento de los nodos y el entorno empresarial. Por lo que, además de establecer o identificar la topología más adecuada, tal como mencionado por los diversos autores estudiados, es importante también conceptualizar los procesos, establecer las arquitecturas adecuadas y, por consiguiente, promover la integración de los procesos y flujos de información según la utilización de tecnologías de información. Éstas deberán ser, idealmente, lo más flexibles y robustas posibles para favorecer la gestión continua del cambio en los procesos de gestión de la cadena de suministro. El Capítulo 3 centra su atención en el estudio de modelos conceptuales, arquitecturas y *Frameworks* para apoyar el modelado de los procesos colaborativos. El Capítulo 4 considera el estudio de una de las tecnologías más relevantes de estudio para el soporte de los procesos colaborativos, como son los sistemas multiagente. En base a esto, se formarán los cimientos para dar paso a la propuesta de arquitectura que soporte, específicamente, el proceso de planificación colaborativa en una cadena de suministro de tipo árbol.

2.6 REFERENCIAS

1. Abid, C., D'Amours, S. and Montreuil, B. (2004). Collaborative order management in distributed manufacturing. *International journal of production research*, Vol. 42 No. 2, pp. 283–302.

2. Alarcón, F., Ortiz, A., Alemany, M.M.E. y Lario, FC. (2004), Planificación Colaborativa en un contexto de varias Cadenas de Suministro: ventajas y desventajas. VIII Congreso de Ingeniería de Organización, Leganés, 9 y 10 de septiembre de 2004 .
3. Andersson, H., Hoff, A., Christiansen, M., Hasle, G. y Løkketangen, A. (2010). Industrial aspects and literature survey: Combined inventory management and routing. *Computers & Operations Research*, Vol. 37, pp. 1515–1536.
4. Andraski, J.C. (1999). Supply chain collaboration, Food Logistics Website, disponible en:
5. evaluation.foodlogistics.com/researchit/Supply-Chain-Collaboration.html (revisado el 11/01/2011)
6. Androulakis, I. y Reklaitis, G. (1999). Approaches to asynchronous decentralized decision making. *Computers and Chemical Engineering*, Vol 23, 341–355.
7. Andel, T. (1996). Manage inventory, own information. *Transportation & Distribution*, Vol. 37 No. 5, pp. 54-7.
8. Anussornnitarn, P., Nof, S. Y., y Etzion, O. 2005, Decentralized control of cooperative and autonomous agents for solving the distributed resource allocation problem, *International Journal of Production Economics*, Vol. 98, No. 2, pp. 114-128.
9. Ackerman, K.B. (2000). CPFR – how it could change the warehouse, *Warehousing Forum*, Vol. 15 No. 10, September.
10. Akkermans, H., Bogerd, P. y van Doremalen, J. (2004). Travail, transparency and trust: A case study of computer-supported collaborative supply chain planning in high-tech electronics. *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, pp. 445–456.
11. Attaran, M. y Attaran, S. (2007). Collaborative supply chain management - The most promising practice for building efficient and sustainable supply chains. *Business Process Management Journal*, Vol. 13 No. 3, pp. 390-404.
12. Ashayeri, J. y Kampstra, P. (2003), Collaborative Replenishment: A Step-by-Step Approach, Ref: KLICT Project: OP-054, Dynamic Green Logistics, Tilburg University.
13. Axsäter, S. y Rosling, K. (1993). Notes: Installation vs. echelon stock policies for multilevel inventory control. *Management Sci.* Vol. 39, pp. 1274–1280.
14. Aviv, Y. (2001). The effect of collaborative forecasting on supply chain performance. *Management Science*, Vol. 47 No. 10, pp. 1326–1343.
15. Balan, S., Vrat, P. y Kumar, P. (2009). Information distortion in a supply chain and its mitigation using soft computing approach. *Omega*, Vol. 37, pp. 282 – 299.

16. Barratt, M. y Oliveira, A. (2001). Exploring the experiences of collaborative planning initiatives, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 31 No. 4, pp. 266-89.
17. Bilgen, B. y Ozkarahan, I. (2007). A mixed-integer linear programming model for bulk grain blending and shipping, *International Journal of Production Economics*, Vol. 107 No. 2, pp. 555-571.
18. Binder, M. y Clegg, B. (2007), Enterprise management: A new frontier for organisations, *International Journal of Production Economics*, Vol. 106 No. 2, pp. 409-430.
19. Beamon, B.M. (1998). Supply Chain Design and Análisis: Models and Methods. *International Journal Of Production Economics*. Vol. 55, No. 3, pp. 281-294.
20. Beamon, B.M y Chen, V. C. P. (2001). Performance analysis of conjoined supply chains. *International Journal of Production Research*, Vol. 39 No. 14, pp. 3195-3218.
21. Berger, R. (2002). Full-Shelf Satisfaction. Reducing out-of-stocks in the grocery channel. *Grocery Manufacturers of America (GMA)*.
22. Berning, G, Brandenburg, M., Gürsoy, K. y Kussi, J.S. (2004). Integrating collaborative planning and supply chain optimization for the chemical process industry (D)-methodology. *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 28, pp. 913–927.
23. Boone, T. y Ganeshan, R. (2000). CPFR in the Supply Chain: The new paradigm in forecasting, *School of Business College of William and Mary Williamsburg, VA 23185*.
24. Boute, R.N., Disney, S.N., Lambrecht, M.R. y Van Houdt, B. (2007). An integrated production and inventory model to dampen upstream demand variability in the supply chain. *European Journal of Operational Research* Vol. 178, pp. 121–142.
25. Brown, B., Jappelli, T. y Pagano, M. (2009). Information sharing and credit: Firm-level evidence from transition countries. *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 18, pp. 151–172.
26. Burgin, S.W., Golicic, S.L. y McCarthy, T.M. (2000). Leveraging collaborative forecasting to optimize supply chain performance. *Annual Conference Proceedings , Council of Logistics Management, Oak Brook, IL*, pp. 245-51
27. Byrne, P. J. y Heavey, C. (2006), The impact of information sharing and forecasting in capacitated industrial supply chains: A case study, *International Journal of Production Economics*, vol. 103, no. 1, pp. 420-437.
28. Caddy, I.N y Helou, M.M. (2007). Supply chains and their management: Application of general systems theory. *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 14, pp. 319–327.

29. Cai, S., Li, T., Li, Y. y Deng, R.H. (2009). Ensuring Dual Security Modes in RFID-Enabled Supply Chain Systems. Artículo presentado en el ISPEC 2009 y publicado en LNCS 5451, F. Bao, H. Li, and G. Wang (Eds.), pp. 372–383.
30. Caplice, C. y Sheffi, Y., (2003), curse ESD.260J / 1.260J / 15.770J Logistics Systems, MITOPENSOURCE. Disponible en: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/39816> (revisado el 11/01/2010)
31. Caridi, M., Cigolini, R. y De Marco, D. (2005). Improving supply-chain collaboration by linking intelligent agents to CPFR. *International Journal of Production Research*, Vol. 43 No. 20, pp. 4191–4218.
32. Chapman, L. y Petersen, M. (2000). Demand Activated Manufacturing Architecture (DAMA). Model for supply chain Collaboration. International Conference on Modeling and Analysis of Semiconductor Manufacturing (MASM 2000), Mayo (2000), Tempe, AZ (US).
33. Chandra, C. y Tumanyan, A. (2007). Organization and problem ontology for supply chain information support system. *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 61, pp. 263–280.
34. Charu, C., Janis, G., y Armen, T. (2007). Problem taxonomy: a step towards effective information sharing in supply chain management, *International Journal of Production Research*, Vol. 45 No. 11, pp. 2507-2544.
35. Chatfield, D.C., Hayya, J.C. y Harrison, T.P. (2007). A multi-formalism architecture for agent-based, order-centric supply chain simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 15, pp. 153–174.
36. Chen, M., Yang, T. y Li, H. (2007). Evaluating the supply chain performance of IT-based inter-enterprise collaboration. *Information & Management*, Vol. 44, pp. 524–534.
37. Chen, L. y Kang, F. (2010). Integrated inventory models considering the two-level trade credit policy and a price-negotiation scheme. *European Journal of Operational Research*, Vol. 205, pp. 47–58.
38. Chopra, S. y Meindl, P. (2002). Supply chain management: Strategy, Planning and Operation. *IIE Transactions*, Vol. 34, pp. 221-222.
39. Chu-Carroll, J. y Carberry, S. (2000). Conflict resolution in collaborative planning dialogs. *International journal of Human-Computer Studies*, Vol. 53, pp. 969-1015.
40. Chung W.W.C. y Leung S.W.F. (2005). Collaborative planning, forecasting and replenishment: a case study in copper clad laminate industry. *Production Planning & Control*, Vol. 16 No. 6, pp. 563–574.
41. Christopher, M. (1992), *Logistics and Supply Chain Management*. London: Pitman Publishing.
42. Christopher, M. (1998), *Logistics and Supply Chain Management—Strategies for Reducing Cost and Improving Service*, second ed. London.

43. Christiaanse, E. y Kumar, K. (2000). ICT-enabled coordination of dynamic supply webs. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 30 No. 3-4, pp. 268-285.
44. Chu, W.H.J y Lee, C.C. (2006). Strategic information sharing in a supply chain. *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, pp. 1567–1579.
45. Colacchio, F., Tikhonova, O. y Kisis, J. (2003). Consumer Response to Out-Of-Stock: Decision-making process and influencing factors. ECR Europe Berlin Conference, Gold Academic Award Paper.
46. Cottrill, K. (1997). The supply chain of the future. *Distribution*, Vol. 96 No. 11, pp. 52-5.
47. Cooper, M. y Eilram, L.M. (1993). Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy, *The International Journal of Logistics Management*, Vol 4 No. 2, pp. 13-24.
48. Cooper, M., Eilram, L.M., Gardner J.T., y Hanks, A.M. (1997). Meshing Multiple alliances, *Journal of Business Logistics*, Vol. 18 No. I, pp. 67-89.
Disponibile en http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3705/is_199701/ai_n8753721
(revisado el 11/01/2010).
49. Croom, S.R., Romano, P. y Giannakis, M. (2000). Supply chain management: An analytical framework for critical literature review. *European Journal of Purchasing and Supply*, Vol. 6, pp. 67–83.
50. Croom, S.R. (2005). The impact of e-business on supply chain management. An empirical study of key developments. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 25 No. 1, pp. 55-73.
51. Daft, R. L. (1998). *Organization theory and design*. Minneapolis: West publishing comp.
52. Danese, P. (2007). Designing CPFR collaborations: insights from seven case Studies. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 27 No. 2, pp. 181-204.
53. Danese, P., Romano, P. y Vinelli, A. (2004). Managing business processes across supply networks: the role of coordination mechanisms, *Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 10, pp. 165–17.
54. Daugherty, P.J., Richey, R.G., Roath, A.S., Min, S., Chen, H., Arndt, A.D. y Genchev, S.E. (2006). Is collaboration paying off for firms?. *Business Horizons*, Vol. 49 No. 1, pp. 61-70.
55. De Toni, A. y Meneghetti, A. (2000). The production planning process for a network of firms in the textile-apparel industry, *International Journal of Production Economics*, Vol. 65 No. 1, pp. 17-32.

56. Demirkan, H. y Cheng, H.K. (2008). The risk and information sharing of application services supply chain. *European Journal of Operational Research*, Vol. 187, pp. 765–784.
57. Diehn, D. (2000/2001), Seven steps to build a successful collaborative forecasting process, *The Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, Vol. 19 No. 4, Winter, pp. 23, 28-9.
58. Disney, S. M., Naim, M. M., y Potter, A. 2004, Assessing the impact of e-business on supply chain dynamics, *International Journal of Production Economics*, vol. 89, no. 2, pp. 109-118.
59. Doherty, K. (1998). How far to supply chain paradise?. *Food Logistics*, 14, pp. 23-32.
60. Dudek, G. y Stadtler, H. (2005), Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners, *European Journal of Operational Research*, vol. 163, no. 3, pp. 668-687.
61. Dudek, G. y Stadtler, H. (2007). Negotiation-based collaborative planning in divergent two-tier supply chains. *International Journal of Production Research*, Vol. 45 No. 2, pp. 465–484.
62. Ernst, R. y Kamrad, B. (2000). Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement. *European Journal of Operational Research*, Vol. 124, pp. 495-510.
63. Evans, J.R. y Dean Jr., J.W. (2000). *Total Quality: Management, Organization and Strategy*, second ed. South-Western College Publishing, Cincinnati, OH.
64. Fandel, G. y Stammen, M. (2004). A general model for extended strategic supply chain management with emphasis on product life cycles including development and recycling, *International Journal of Production Economics*, Vol. 89 No. 3, pp. 293-308.
65. Forget, P., D'Amours, S. y Frayret, J. (2008). Multi-behavior agent model for planning in supply chains: An application to the lumber industry. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 24, pp. 664–679.
66. Frascatore, M.R. y Mahmoodi, F. (2008). Long-term and penalty contracts in a two-stage supply chain with stochastic demand. *European Journal of Operational Research*, Vol. 184, pp. 147–156.
67. Frayret, J.M., A'Amours, S., Rouseau, A. y Harvesy, S. (2005). Agent based supply chain planning in the forest products industry. *Network Organisation Technology Research Centre*, Universite Laval, Quebec, Canada
68. Fu., Y., Piplani, R., de Souza, R., y Jingru, W. (2000). Multi-agent enabled modeling and simulation towards collaborative inventory management in supply chains, *Simulation Conference Proceedings*, pp. 1763-1771.

69. Gan, X., Sethi, S.P. y Zhou, J. (2010). Commitment-penalty contracts in drop-shipping supply chains with asymmetric demand information. *European Journal of Operational Research*, Vol. 204, pp. 449–462.
70. Gavirneni, S. (2006). Price fluctuations, information sharing, and supply chain performance. *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, pp. 1651–1663.
71. Graves, S. C. y Willems, S. P. (2000). Optimizing Strategic Safety Stock Placement in Supply Chains. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2(1), pp. 69.
72. Gruen, T.W., Corsten, D.S. y Bharadwaj, S. (2002). Retail Out-of-Stocks: A Worldwide examination of Extent Causes and Consumer Responses. *The Food Institute Forum (CIES, FMI, GMA)*.
73. Gurnani, H., Erkoç, M. y Luo, Y. (2007). Impact of product pricing and timing of investment decisions on supply chain co-opetition. *European Journal of Operational Research*, Vol. 180, pp. 228–248.
74. Gunasekaran, A., Patel, C., y McGaughey, R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement", *International Journal of Production Economics*, Vol. 87 No. 3, pp. 333-347.
75. Gunasekaran, A., Lai, K. y Cheng, T.C.E. (2008). Responsive supply chain: A competitive strategy in a networked economy. *Omega*, Vol. 36, pp. 549 – 564.
76. Guo, Z., Fang, F. y Whinston, A.B. (2006). Supply chain information sharing in a macro prediction market. *Decision Support Systems*, Vol. 42, pp. 1944–1958.
77. Hadaya, P. y Cassivi, L. (2007). The role of joint collaboration planning actions in a demand-driven supply chain. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 107 No. 7, pp. 954-978.
78. Helms, M.M., Ettkin, L.P. y Chapman, S. (2000). Supply chain forecasting – collaborative forecasting supports supply chain management. *Business Process Management Journal*, Vol. 6 No. 5, pp. 392-407.
79. Hernández, J., Poler, R., Mula, J. y Lario, F.C. (2007), Una metodología para la previsión colaborativa para cadenas de suministro, Primer Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de Suministro, Zaragoza, 12 y 13 de Septiembre de 2007.
80. Hernández, J.E., Poler, R., Mula, J. y Lario, F.C. (2008). An application of the GRAI methodology to model the collaborative replenishment process in the supply chain. An application to the automobile sector. *The Logistics Research Network Annual Conference*, Liverpool, United Kingdom.
81. Hernández, J.E., Poler, R. y Mula, J. (2009a). Modelling collaborative forecasting in decentralized supply chain networks with a multiagent system. En Cordeiro, J. & Filipe, J. (Ed.), 11th International conference

- on Enterprise Information system, Milan, Italy. Portugal, Vol. AIDSS, pp. 372-375.
82. Hernández, J.E, Alemany, M.M.E., Lario, F.C. y Poler, R. (2009b). SCAMM-CPA: A supply chain agent-based modelling methodology that supports a collaborative planning process. *Innovar*, Vol. 19 No. 34, pp. 99-120.
83. Hernández, J.E., Poler, R., Mula, J. y Lario, F.C. (2010). A Decentralized Collaborative Replenishment Decision Making Model in the Automobile Supply Chain Sector. En: *Bridging the Socio-technical Gap in Decision Support Systems, Challenges for the Next Decade*, IOS press (Ed.), Vol. 212, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. ISBN: 978-1-60750-576-1.
84. Hernández, J.E., Poler, R., Mula, J. y Lario, F.C. (2011). The reverse logistic process of an automobile supply chain network supported by a collaborative decision-making model. *Group Decision and Negotiation Journal*, Vol. 20 No. 1, pp. 79-114.
85. Hillier, F. S. y Lieberman G. J. (2001). *Introduction to Operations Research*, Boston: McGraw-Hill.
86. Holmström, J, Främling, K., Kaipia, R. y Saranen, J. (2002). Collaborative planning forecasting and replenishment: new solutions needed for mass collaboration. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 7 No. 3, pp. 136-145.
87. Holweg, M., Disney, S., Holmström, J. y Småros, J. (2005). Supply Chain Collaboration: Making Sense of the Strategy Continuum. *European Management Journal*, Vol. 23 No. 2, pp. 170–181.
88. Huang, Y. y Chung, J. (2003), A Web services-based framework for business integration solutions, *Electronic Commerce Research and Applications* No. 2, pp. 15–26.
89. Huang, S.H., Sheoran, S.K. y Keskar, H. (2005). Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference (SCOR) model. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 48. pp. 377–394.
90. Hugos, M. (2003), *Essentials of Supply Chain Management*. <http://www.computerworld.com/printthis/2003/0,4814,79555,00.html> (accedida el 09/01/2011).
91. Huiskonen, J. (2001). Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices, *International Journal of Production Economics*, Vol. 71 No. 1-3, pp. 125-133.
92. Ireland, R. y Bruce, R. (2000). CPFR: only the beginning of collaboration, *Supply Chain Management Review*, September/October, pp. 80-8.
93. Ivanov, D., Sokolov, B. y Kaeschel, J. (2010). A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control

- with structure dynamics considerations. *European Journal of Operational Research*, Vol. 200, pp. 409–420.
94. Johnson, M. (2000). *Collaboration Data Modeling: CPFR Implementation Guidelines*, Reprinted from the 1999 Annual Conference Proceedings of the Council of Logistics Management.
 95. Juang, Y., Lin, S., Kao, H. y Cheng, Y. (2007). An Integrated Approach to Collaborative Supply Chain Design. *International Journal of Business and Informatic*, Vol. 2 No.1, pp. 29-56.
 96. Kalchschmidt, M., Zotteri, G., y Verganti, R. (2003). Inventory management in a multi-echelon spare parts supply chain, *International Journal of Production Economics*, Vol. 81-82, pp. 397-413.
 97. Kelle, P. y Akbulut, A. (2005). The role of ERP tools in supply chain information sharing, cooperation, and cost optimization. *International Journal of Production Economics*, Vol. 93–94, pp. 41–52.
 98. Keh, H.T. y Park, S.Y. (1997). To market, to market: the changing face of grocery retailing. *Long Range Planning*, 30(6), pp. 836-46.
 99. Koloszyc, G. (1998). Retailers, suppliers push joint sales forecasting. *Stores*, 80(6), pp. 28-31.
 100. Kremer, M., Schneeweiss, C., y Zimmermann, M. (2006). On the validity of aggregate models in designing supply chain contracts, *International Journal of Production Economics*, Vol. 103 No. 2, pp. 656-666.
 101. Lambert, D. M., James R. S., y Lisa M. E. (1998), *Fundamentals of Logistics. Management*. Boston, MA: Irwin/McGraw-Hill. Chapter 14.
 102. Lapide, L. (1999). New developments in business forecasting, *The Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, Vol. 18 No. 3, Fall, pp. 24-25.
 103. La Londe, Bernard J. y Masters, J.M. (1994). Emerging Logistics Strategies; Blueprints for the Next Century, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 24 No. 7, pp. 35-47.
 104. Lee, H. L. y Billington, C. (1993). Material Management in Decentralized Supply Chains. *Operations Research*, Vol. 41 No. 5, pp. 837.
 105. Lee, H.L., So, K.C. y Tang, C. (2000). The value of information sharing in a two-level supply chain. *Management Science*, Vol. 46 No. 5, pp. 626–643.
 106. Lee, Y. y Kumara, S.R.T. (2003). Advances in e-manufacturing: foundations of market-based collaborative planning and control of distributed multiple product development projects. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 139, pp. 178-186.

107. Lejeune, M.A. y Yakova, N. (2005). On characterizing the 4 C's in supply chain management. *Journal of Operations Management*, Vol. 23, pp. 81–100.
108. Lewis, C., Roth, L. y White, A. (2001). Collaborative Planning Forecasting and Replenishment (CPFR®) n-tier CPFR, Global Commerce Initiative.
109. Li, M., Wang, J., Wong, Y. S., y Lee, K. S. (2005). A collaborative application portal for the mould industry, *International Journal of Production Economics*, Vol. 96 No. 2, pp. 233-247.
110. Li, S. y Lin, B. (2006). Accessing information sharing and information quality in supply chain management. *Decision Support Systems*, Vol. 42, pp. 1641–1656.
111. Lin, C.T., Chiu, H., y Chu, P.Y. (2006). Agility index in the supply chain, *International Journal of Production Economics*, vol. 100, no. 2, pp. 285-299.
112. Li, W., Humphreys, P.K., Yeung, A.C.L., y Edwin Cheng, T.C. (2007). The impact of specific supplier development efforts on buyer competitive advantage: an empirical model, *International Journal of Production Economics*, vol. 106, no. 1, pp. 230-247.
113. Liu, E. y Kumar, A. (2003). Leveraging information sharing to increase supply chain configurability. Artículo presentado en el Twenty-fourth International Conference on Information Systems, pp. 523-537. Seattle, USA.
114. Lu, L. y Wang, G. (2008). A study on multi-agent supply chain framework based on network economy. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 54, pp. 288–300.
115. Lyu, J., Ding, J. y Chen, P. (2010). Coordinating replenishment mechanisms in supply chain: From the collaborative supplier and store-level retailer perspective. *International Journal of Production Economics*, Vol. 123, pp. 221–234.
116. Manthou, V., Vlachopoulou, M y Folinias, D. (2004). Virtual e-Chain (VeC) model for supply chain collaboration. *International Journal of Production Economics*, Vol. 87, pp. 241–250.
117. Marilyn M.H., Ettkin, L.P. y Chapman, S. (2000). Supply chain forecasting Collaborative forecasting supports supply chain management, *Business Process Management Journal*, Vol. 6 No. 5, 2000, pp. 392-407. # MCB University Press, 1463-7154.
118. Martínez-Olvera, C. (2008). Entropy as an assessment tool of supply chain information sharing. *European Journal of Operational Research*, Vol. 185, pp. 405–417.
119. McCarthy, T.M. y Golicic, S.L. (2003). Implementing collaborative forecasting to improve supply chain performance, *International Journal*

- of Physical Distribution & Logistics Management, vol. 32, no. 6, 2002, pp. 431-454.
120. Mehra, S., Hoffman, J.M. y Danilo, S. (2001). TQM as a management strategy for the next millennia. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, pp. 855–876.
 121. Mentzer, J.T. (1999). The impact of forecasting on return on shareholder's value, *Journal of Business Forecasting*, vol. 18, Fall, pp. 8-12.
 122. Mentzer, J. T., Foggin, J.H. y Golicic, S.L. (2000). Collaboration: The Enablers, Impediments, and Benefits. Issue of supply chain Management Review. September/October.
 123. Merce, C. y Fontan, G. (2003). MIP-based heuristics for capacitated lotsizing problems, *International Journal of Production Economics*, vol. 85, no. 1, pp. 97-111.
 124. Mikkola, J.H. y Skjøtt-Larsen, T. (2004). Supply-chain integration: implications for mass customization, modularization and postponement strategies. *Production Planning & Control*, Vol. 15 No. 4, pp. 352–361.
 125. Miao V.C. (2003). CPFR: Its Related Topics and Goal Programming Model on Collaboration of Common Objectives. Penn State University, Department of Supply Chain and Information System, University Park.
 126. Min, H. y Zhou, G. (2002). Supply chain modeling: past, present and future. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 43 No. 1-2, pp. 231-249.
 127. Min, S., Roath, A.S., Daugherty, P. J., Genchev, S.E., Chen, H., Arndt, A.D. y Richey, R.G. (2005). Supply chain collaboration: What's happening?. *International Journal of Logistics Management*, Vol. 16 No. 2, pp. 237–256.
 128. Mitra, S. y Chatterjee, A. K. (2004). Echelon stock based continuous review (R, Q) policy for fast moving items, *Omega-International Journal of Management Science*, vol. 32, no. 2, pp. 161-166.
 129. Moad, J. (1997). Line dancing, supply style, *PC Week*, Vol. 14 No. 31, pp. 79, 86-7.
 130. Mohebbi, E., Choobineh, F., y Pattanayak, A. (2007). Capacity-driven vs. demand-driven material procurement systems, *International Journal of Production Economics*, vol. 107, no. 2, pp. 451-466.
 131. Montreuil, B., Frayret, J. M., y D'Amours, S. (2000). A strategic framework for networked manufacturing, *Computers in Industry*, vol. 42, no. 2-3, pp. 299-317.
 132. Mukhopadhyay, S.K, Yao, D.y Yue, X. (2008). Information sharing of value-adding retailer in a mixed channel hi-tech supply chain. *Journal of Business Research*, Vol. 61, pp. 950–958.

133. Nagarajan, M. y Sošić, G. (2008). Game-theoretic analysis of cooperation among supply chain agents: Review and extensions. *European Journal of Operational Research*, Vol. 187, pp. 719–745.
134. Nakano, M. (2009). Collaborative forecasting and planning in supply chains. The impact on performance in Japanese manufacturers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 39 No. 2, pp. 84-105.
135. Narasimhan, R. y Nair, A. (2005). The antecedent role of quality, information sharing and supply chain proximity on strategic alliance formation and performance. *International Journal of Production Economics*, Vol. 96, pp. 301–313.
136. Nie, L., Xu, X. y Zhan, D. (2006). Collaborative Planning in Supply Chains by Lagrangian Relaxation and Genetic Algorithms. *Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation*, June 21 - 23, 2006, Dalian, China.
137. Ningxiong, X. y Nozick, L. (2009). Modeling supplier selection and the use of option contracts for global supply chain design. *Computers & Operations Research*, Vol. 36, pp. 2786 – 2800.
138. Nishi, T., Konishi, M., y Hasebe, S. (2005). An autonomous decentralized supply chain planning system for multi-stage production processes, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 16 No. 3, pp. 259-275.
139. Olhager, J. y Selldin, E. (2004). Supply chain management survey of Swedish manufacturing firms. *International Journal of production economics*, Vol. 89, pp. 353–361.
140. Ouyang, Y. (2007). The effect of information sharing on supply chain stability and the bullwhip effect. *European Journal of Operational Research*, Vol. 182, pp.1107–1121.
141. Pathak, S.D., Dilts, D.M. y Biswas, G. (2007). On the Evolutionary Dynamics of Supply Network Topologies. *IEEE Transactions on engineering management*, Vol. 54, No. 4, pp. 662-672.
142. Petersen, K.J., Ragatz, G.L. y Monczka, R.M. (2005). An Examination of Collaborative Planning Effectiveness and Supply Chain Performance. *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, pp. 14-25.
143. Pibernik, R. y Sucky, E. (2007). An approach to inter-domain master planning in supply chains. *International journal of production economics*, Vol. 108, pp. 200–212.
144. Poler, R., Ortiz, A., Lario, F.,C. y Alba, M. (2006). An Interoperable Platform to implement Collaborative Forecasting in OEM Supply Chains, work has been developed in the framework of a project funded by the European Commission, titled Extended Collaborative Selling Chain (ECOSELL). Ref. GRD1-2001-40692.

145. Poler, R., Hernández, J., Mula, J. y Lario, F.C. (2007), Previsión Colaborativa: una introducción al Estado del Arte, XI Congreso de Ingeniería de Organización International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, Madrid, September 5th-7th 2007.
146. Poler, R., Hernández, J., Mula, J. y Lario, F.C. (2008), Collaborative Forecasting in Networked Manufacturing Enterprises. *Journal of Manufacturing Technology and Management*, Vol. 19 No. 4, pp. 514-528.
147. Pramatarı, K. C. y Miliotis P. (2004). Increasing Shelf Availability through Internet-Based Information Sharing and Collaborative Store Ordering. Department of Management Science and Technology, Athens University of Economics & Business.
148. Pramatarı, Y. (2007). Collaborative supply chain practices and evolving technological approaches. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 12 No. 3, pp. 210–220.
149. Pujari, N.A, Hale, T.S. y Huq, F. (2008). A continuous approximation procedure for determining inventory distribution schemas within supply chains. *European Journal of Operational Research*, Vol. 186, pp. 405–422.
150. Raghunathan, S. (2003). Impact of demand correlation on the value of and incentives for information sharing in a supply chain. *European Journal of Operational Research*, Vol. 146, pp. 634–649.
151. Ramanathan, U. y Muyldermans, L. (2010). Identifying the underlying structure of demand during promotions: A structural equation modelling approach. *Expert Systems with Applications*. En Prensa.
152. Rau, H. y OuYang, B.C. (2008). An optimal batch size for integrated production–inventory policy in a supply chain. *European Journal of Operational Research*, Vol. 185, pp. 619–634.
153. Reese, S. (2000/2001). The human aspects of collaborative forecasting. *The Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, Vol. 19 No. 4, Winter, pp. 3-9.
154. Reiner, G. y Trcka, M. (2004). Customized supply chain design: Problems and alternatives for a production company in the food industry. A simulation based analysis, *International Journal of Production Economics*, Vol. 89 No. 2, pp. 217-229.
155. Richard, Y. K. F. y Tsiushuang, C. (2005). A multiagent supply chain planning and coordination architecture, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 25 No. 7, pp. 811-819.
156. Robinson, C.J. y Malhotra, M.K. (2005). Defining the concept of supply chain quality management and its relevance to academic and industrial practice. *International journal of production economics*, Vol. 96, pp. 315–337.

157. Rodriguez, R., Poler, R., Mula, J., y Ortiz, A. (2008). Collaborative forecasting management: fostering creativity within the meta value chain context. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 13 No. 5, pp. 366–374.
158. Rohde, J., Meyr, H. y Wagner, M. (2000). Die supply chain planning matrix. *PPS Management* 5, 10–15.
159. Rohde, J., y Wagner, M., (2002). Master Planning. In: Stadtler, H., Kilger, C. (Eds.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, second ed. Berlin, pp. 143–160.
160. Ross, D.F. (1998). *Competing Through Supply Chain Management*. New York, NY: Chapman & Hall. Multiple alliances, *Journal of Business Logistics*, Vol. 18 No. 1, pp. 67-89.
161. Ross, A. D. (2000). Performance-based strategic resource allocation in supply networks, *International Journal of Production Economics*, Vol. 63 No. 3, pp. 255-266.
162. Ruriani, D.C. (1998). Internet logistics hits an online drive, *Inbound Logistics*, Vol. 18 No 1, pp. 22-4.
163. Ryu, S.J., Tsukishima, T. y Onari, H. (2009). A study on evaluation of demand information-sharing methods in supply chain. *International Journal of Production Economics*, Vol. 120 No 1, pp. 162-175.
164. Saccomano, A. (1998). Tea leaves on the Internet, *Traffic World*, 4(255), pp. 36-7.
165. Sari, K. (2008). On the benefits of CPFR and VMI: A comparative simulation study. *International journal of production economics*, Vol. 113, pp. 575–586.
166. Satapathy, G. y Kumara, S.R.T. (2000). Negotiation for transportation tasks with stochastic payoffs. *Computers in industry*, Vol. 42 No. 2-3, pp. 193-202.
167. Selim, H., Araz, C. y Ozkarahan, I. (2008). Collaborative production–distribution planning in supply chain: A fuzzy goal programming approach. *Transportation Research Part E*, Vol. 44, pp. 396–419.
168. Seuring, S. (2009). The product-relationship-matrix as framework for strategic supply chain design based on operations theory. *International journal of production economics*, Vol. 120, pp. 221–232.
169. Shobrys, D. E. y White, D. C. (2001). Planning, scheduling and control systems: why cannot they work together, *Computers and Chemical Engineering*, No 26, pp. 149–160.
170. Shu, T., Chen, S., Wang, S. y Lai, K.K. (2008). Supply Chain Collaborative Forecasting Methods on the Basis of Factors. 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT 2008), pp. 1372 – 1377.

171. Simatupang, T.M. y Sridharan, R. (2005). The collaboration index: a measure for supply chain collaboration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 35 No. 1, pp. 44-62.
172. Son, J.Y. y Sheu, C. (2008). The impact of replenishment policy deviations in a decentralized supply chain. *International journal of production economics*, Vol. 113, pp. 785–804.
173. Smáros, J. (2007). Forecasting collaboration in the European grocery sector: Observations from a case study. *Journal of Operations Management*, Vol. 25, pp. 702–716.
174. Smeltzer, L. R. (2001). The five immutable laws of universal supply chain connectivity, An Executive white paper, Department of supply chain management, Arizona State University.
175. Stank, P. T., Daugherty, P. J y Autry, A. W. (1999). Collaborative planning: supporting automatic replenishment programs. *Supply Chain Management*, Vol. 4 No. 2, pp. 75-85.
176. Stubbings, P., Virginas, B., Owusu, G. y Voudouris, C. (2008). Modular neural networks for recursive collaborative forecasting in the service chain. *Knowledge-Based Systems*, Vol. 21, pp. 450–457.
177. Soroor, J., Tarokh, M.J. y Shemshadi,A. (2009). Initiating a state of the art system for real-time supply chain coordination. *European Journal of Operational Research*, Vol. 196, pp. 635–650.
178. Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, Vol. 163, pp. 575–588.
179. Stadtler, H. (2009). A framework for collaborative planning and state-of-the-art. *Operational research spectrum*, Vol. 31, pp. 5–30.
180. Stock, G.N, Greis, N.P. y Kasarda, J.D. (2000). Enterprise logistics and supply chain structure: the role of fit. *Journal of Operations Management* Vol. 18, pp. 531–547.
181. Tan, K.C. (2001). A framework of supply chain management literature. *European Journal of Purchasing and Supply*, Vol. 7, pp. 39–48.
182. Tang, C.S. (2006). Perspectives in supply chain risk management, *International Journal of Production Economics*, vol. 103, no. 2, pp. 451-488.
183. The supply chain company (2006), http://www.i2.com/Solution_library/ng_ec_collaborative_replenishment.cfm (revisado el 11/01/2010).
184. Thron, T., Nagy, G. y Wassan, N. (2006). The impact of various levels of collaborative engagement on global and individual supply chain performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 36 No. 8, pp: 596-620.

185. Thron, T., Nagy, G. y Wassan, N. (2007). Evaluating alternative supply chain structures for perishable products. *The International Journal of Logistics Management*; Vol. 18 No. 3, pp. 364-384.
186. Terwiesch, C., Ren, Z. J., Ho, T. H., y Cohen, M. A. (2005). An empirical analysis of forecast sharing in the semiconductor equipment supply chain. *Management Science*, Vol. 51, No. 2, pp. 208-220.
187. Tong, B., Panchapakesan, S. y Zhang, W. (2010). A three-tier framework for intruder information sharing in sensor networks. *Ad Hoc Networks*, Vol. 8, pp. 345–360.
188. Tosh, M. (1998), MODELO TIPO 1 on forecasting, *Progressive Grocer*, 77(10), pp. 113-114.
189. Tseng, Y., Kao, Y. y Huang, F. (2008). A model for evaluating a design change and the distributed manufacturing operations in a collaborative manufacturing environment. *Computers in Industry*, Vol. 59, pp. 798–807.
190. van der Vaart, T. y Wijngaard, J. (2007). The contribution of focus in collaborative planning for make-to-order production situation with large set-up times. *International journal of production economics*, Vol. 108, pp. 436–443.
191. VICS (2005). *Store Replenishment Collaboration Business Process Guide*
192. VICS CPFR Committee (2002). *Collaborative Planning Forecasting and Replenishment (CPFR), Version 2.0 (Online edition), June 2002*. Available at: <http://www.cpfr.org> (revisado el 11/01/2010).
193. Vidal, C. J. y Goetschalckx, M. (1997). Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models, *European Journal of Operational Research*, vol. 98, no. 1, pp. 1-18.
194. Vonderembse, M. A., Uppal, M., Huang, S. H., y Dismukes, J. P. (2006). Designing supply chains: Towards theory development, *International Journal of Production Economics*, Vol. 100 No. 2, pp. 223-238.
195. Vuyk, C. (2003). Out-of-Stocks: A Nightmare for Retailer and Supplier. *Beverage World*, Vol. 122 No. 2, pp. 55. www.beverageworld.com (revisado el 11/01/2010).
196. Welker, G.A, van der Vaart, T. y van Donk, D.P. (2008). The influence of business conditions on supply chain information-sharing mechanisms: A study among supply chain links of SMEs. *International Journal of Production Economics*, Vol. 113, pp. 706–720.
197. Wilson, N. (2001). Game plan for a successful collaborative forecasting process, *The Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, Vol. 20 No. 1, Spring, pp. 3-6.

198. White, A., (2000). The Value Equation: Value Chain Management, Collaboration and the Internet, Logility Inc. Report.
199. Whitman, L., Sirivongpaisal, N., Rogers, J. y Huff, B. (2001). Towards a Supply Chain Research Model. National Science Foundation Sponsored Agile Aerospace Manufacturing Research Center.
200. Wu, Y.N y Cheng, T.C.E (2008). The impact of information sharing in a multiple-echelon supply chain. *International Journal of Production Economics*, Vol. 115, pp. 1– 11.
201. Xiong, M. H., Tor, S. B., Khoo, L. P., y Chen, C. H. (2003)., A web-enhanced dynamic BOM-based available-to-promise system, *International Journal of Production Economics*, Vol. 84 No. 2, pp. 133-147.
202. Xiong, M. H., Tor, S. B., Bhatnagar, R., Khoo, L. P., y Venkat, S. (2006). A DSS approach to managing customer enquiries for SMEs at the customer enquiry stage, *International Journal of Production Economics*, Vol. 103 No. 1, pp. 332-346.
203. Yao, Y. y Dresner, M. (2008). The inventory value of information sharing, continuous replenishment, and vendor-managed inventory. *Transportation Research Part E*, Vol. 44, pp. 361–378.
204. Yao, D., Yue, X. y Liu, J. (2008). Vertical cost information sharing in a supply chain with value-adding retailers. *Omega*, Vol. 36, pp. 838 – 851.
205. Yeo, K.T. y Ning, J.H. (2002). Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects. *International Journal of Project Management*, Vol. 20, pp. 253–262.
206. Yu, M., Ting, S. y Chen, M. (2010). Evaluating the cross-efficiency of information sharing in supply chains. *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, pp. 2891–2897.
207. Yuan, H., Chen, G., Wu, J. y Xiong, H. (2009). Towards controlling virus propagation in information systems with point-to-group information sharing. *Decision Support Systems*, Vol. 48, pp. 57–68.
208. Yourdon, E. (1989). *Modern Structured Analysis*. Yourdon Press, Prentice-Hall. International, Englewood Cliffs, New Jersey.
209. Zaheer, A., McEvily, B. y Perrone, V. (1998). The strategic value of buyer-supplier relationships. *International Journal of Purchasing & Materials Management*, Vol. 34 No. 3, pp. 20-6.
210. Zice, S., Zhengping, L., Runtao, Q. y Mansoor, S. (2001), Agent-based logistics coordination and collaboration. Technical Report SIMTech Technical Report (AT/01/011/LCI), Singapore Insitute of Manufacturing Technology.
211. Zineldin, M.A. (1998). Towards an ecological collaborative relationship management: a ‘co-operative’ perspective. *European Journal of Marketing*, Vol. 32 No 11-12, pp. 1138-64.

212. Zhang, C. y Zhang, C. (2007). Design and simulation of demand information sharing in a supply chain. *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 15, pp. 32–46.
213. Zhao, X., Xie, J. y Leung, J. (2002). The impact of forecasting model selection on the value of information sharing in a supply chain. *European Journal of Operational Research*, Vol. 142, pp. 321–344.
214. Zhou, H. y Benton Jr., W.C. (2007). Supply chain practice and information sharing. *Journal of Operations Management*, Vol. 25, pp. 1348–1365.

ESTADO DEL ARTE DEL
MODELADO EMPRESARIAL EN
LA CADENA DE SUMINISTRO
SEGÚN UNA PERSPECTIVA
CONCEPTUAL Y
COLABORATIVA

CAPÍTULO

3

ÍNDICE – CAPÍTULO 3

3.	ESTADO DEL ARTE DEL MODELADO EMPRESARIAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO SEGÚN UNA PERSPECTIVA CONCEPTUAL Y COLABORATIVA	147
3.1	INTRODUCCIÓN	147
3.2	MODELADO EMPRESARIAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO	150
3.2.1	LINGÜAJES DE MODELADO EMPRESARIAL	150
3.2.2	ARQUITECTURAS\FRAMEWORKS DE APOYO AL MODELADO EMPRESARIAL EN CADENAS DE SUMINISTRO	159
3.2.2.1	FRAMEWORKS DE ARQUITECTURAS EMPRESARIALES	159
3.2.2.2	PROPUESTAS DE ARQUITECTURAS EMPRESARIALES TIPO FRAMEWORK EN ENTORNOS DE CADENAS DE SUMINISTRO	164
3.3	PERSPECTIVA CONCEPTUAL DEL MODELADO DE PROCESOS COLABORATIVOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO.....	180
3.3.1	MODELADO CONCEPTUAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO	180
3.3.2	IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL MODELADO CONCEPTUAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO.....	184
3.4	EL MODELADO CONCEPTUAL COMO APOYO AL MODELADO EMPRESARIAL DE LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN LAS DIFERENTES TOPOLOGÍAS DE CADENA DE SUMINISTRO ...	221
3.4.1	PERSPECTIVAS CONCEPTUALES Y RESTRICCIONES PARA LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO	224
3.4.2	EL MODELADO EMPRESARIAL EN LAS DIFERENTES TOPOLOGÍA DE CADENA DE SUMINISTRO SEGÚN UNA PERSPECTIVA COLABORATIVA.....	230
3.5	CONCLUSIONES	239
	REFERENCIAS	242

ÍNDICE – FIGURAS

Figura 1. Sectores considerados.	206
Figura 2. Elementos conceptuales.	207
Figura 3. Metodología.	214
Figura 4. Modelo de referencia.	214
Figura 5. Tipo de modelado.	215
Figura 6. Herramienta de modelado.....	215
Figura 7. Tipo de lenguaje.	216
Figura 8. Arquitectura.....	216
Figura 9. Relación de la existencia de arquitecturas según la metodología y el tipo de modelado.....	217
Figura 10. Orientación de la planificación, tipología de la cadena y número de nodos.	217
Figura 11. Relaciones entre las dimensiones orientación de planificación y tipología.....	219
Figura 12. Niveles de decisión considerados en el modelado conceptual.	220
Figura 13. El modelado empresarial. Una visión integrada de flujos, tecnologías y lenguajes.	238

ÍNDICE – TABLAS

Tabla 1. Lenguajes de modelado empresarial.	152
Tabla 2. Resumen de Frameworks empresariales más relevantes.....	161
Tabla 3. Aspectos relevantes detectados en los Frameworks y arquitecturas propuestas por los autores.	174
Tabla 4. Nodos de la cadena de suministro considerados en el modelado conceptual.	186
Tabla 5. Elementos conceptuales para modelado conceptual de cadena de suministro colaborativas.	189
Tabla 6. Elementos FI.....	207
Tabla 7. Elementos ADLC.	209

Tabla 8. Elementos COOR.....	209
Tabla 9. Elementos FD.....	210
Tabla 10. Elementos FP.....	211
Tabla 11. Elementos NRS.....	211
Tabla 12. Elementos TECH.....	212
Tabla 13. Elementos TD.....	213
Tabla 14. Elementos REC.....	213
Tabla 15. Elementos MERE.....	213
Tabla 16. Elementos FIEC.....	214
Tabla 17. Relación de existencia de arquitecturas según la metodología y el tipo de modelado.....	216
Tabla 18. Relaciones entre las dimensiones: estratos, orientación de la planificación y tipología.....	219
Tabla 19. Elementos conceptuales y restricciones de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.....	226
Tabla 20. Orientaciones modelado empresarial según las perspectivas colaborativas de la cadena de suministro.....	233

3. ESTADO DEL ARTE DEL MODELADO EMPRESARIAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO SEGÚN UNA PERSPECTIVA CONCEPTUAL Y COLABORATIVA

3.1 INTRODUCCIÓN

Los entornos en que se ven inmersas las cadenas de suministro resultan ser muy competitivos. Esta competitividad se relaciona con aspectos como la velocidad del diseño de productos, la fabricación y la distribución de los mismos, la mayor eficiencia en los procesos y la consecución de menores costes (por ejemplo, de tipo operativo). Debido a esto, las cadenas de suministro tienden a buscar alternativas que les permitan conseguir la eficiencia buscada, siendo el modelado empresarial un apoyo para la identificación de los aspectos relevantes y de éxito para las empresas. Esto se debe a que el modelado empresarial se considera como el arte de externalizar el conocimiento de la empresa incorporando, de manera directa, valor a las empresas y a la cadena de suministro. Estos modelos consideran una estructura, un comportamiento y una organización de la empresa (**Vernadat, 2002**). Así, de forma general, se puede decir que el modelado empresarial se encarga de detectar y formalizar las diferentes perspectivas (o vistas) de la organización. En un contexto de cadena de suministro, el modelado empresarial ayudará a identificar las funciones de las diferentes empresas y, a su vez, a establecer cómo éstas se organizan y trabajan. Un aspecto importante a tener en cuenta es el nivel de detalle de estos modelos. Mientras más complejos (es decir, cuando consideran un nivel de detalle mayor), más difícil resultará poder compartirlos entre los usuarios de diferentes empresas. En este contexto, **Fox et al. (1996)** consideran que un modelo empresarial posee la habilidad de deducir ciertas respuestas (de manera sencilla) a ciertas preguntas, las que a su vez no siempre son fáciles de responder debido a que requieren de un conocimiento específico del dominio. Por lo que el modelado empresarial favorecerá la integración entre los diferentes nodos de la cadena de suministro dado el soporte proporcionado para visualizar y entender las actividades vinculadas a los diferentes procesos y la integración de éstos. Del mismo modo **Ortiz et al. (1999)** plantean que el modelado empresarial facilitará la integración empresarial mediante la identificación de los bloques constructivos, los que podrán ser del tipo genéricos, parciales o particulares. El modelado empresarial, considerando esta perspectiva integradora, puede apoyar tanto

el desarrollo de los procesos de planificación de los recursos empresariales (**Doumeingts et al., 2000**) así como el desarrollo de los procesos de re-ingeniería (**Kim y Jang, 2002**). De esta manera, el modelado empresarial proporciona en general una arquitectura y una metodología de referencia para gestionar el diseño y análisis del sistema (**Shen et al., 2004**). Adicionalmente **Molina y Medina (2003)** señalan que un modelo empresarial captura, además, las mejores prácticas del proceso que se modela, puesto que resulta una herramienta integradora de los sistemas de información y productivos (**Panetto and Molina, 2008**). En el marco de este Capítulo 3 se estudiará el modelado empresarial, básicamente, desde dos perspectivas. La primera es la del modelado conceptual en relación con los lenguajes de modelado, arquitecturas o *Frameworks* en cadenas de suministro y, la segunda, desde la perspectiva conceptual de los procesos colaborativos y la integración de éstos en las diferentes topologías vistas en el Capítulo 2. Cabe señalar que, dada la naturaleza de las cadenas de suministro, los procesos considerarán una orientación hacia el apoyo de los procesos de toma de decisiones en relación con la planificación de la producción. Además, es importante tener en cuenta que el proceso de planificación en la cadena de suministro podrá considerar dos perspectivas. La primera será de tipo centralizada en cuanto al tratamiento de la información. Es decir, existirá un nodo que se encargue de recolectar y suministrar la información necesaria para apoyar los procesos de toma de decisión de los nodos y, la segunda, de tipo descentralizada. En este último caso, cada nodo que participa de un proceso, comúnmente iterativo, de negociación considera la recolección y la transmisión de la información a los nodos correspondientes. Así, en el marco del modelado empresarial, en este Capítulo 3 se hace énfasis al estudio de la bibliografía científica que contempla la información de manera centralizada y descentralizada con el objetivo de conocer el tipo de información que se comparte para apoyar los procesos estudiados en el Capítulo 2 vinculados con la gestión de la cadena de suministro..

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible decir que la consecución de estrategias eficientes será en base una orientación centralizada de la planificación. Este tipo de orientación establece que será una sola entidad la que se encargará de recibir la información y transmitirla al resto de las partes para la generación y cumplimiento de los planes. En este contexto, **Sarmiento y Nagi (1999)** consideran que una optimización centralizada se sustenta en el hecho de que la información es compartida abiertamente, lo cual se ve favorecido con los avances tecnológicos, con los sistemas EDI (*electronic data interchange*) y con los dispositivos satelitales. De esta manera, bajo una perspectiva de los centros de fabricación circunscritos a

una cadena de suministro, **Kouvelis y Gutierrez (1997)** afirman que los centros de fabricación individuales pueden conservar la integridad de sus decisiones de fabricación y también pueden conservar el precio al cual les es posible vender su producción a otros centros de fabricación. Teniendo en cuenta que estos centros se enmarcan dentro del nivel corporativo de la empresa. Por otra parte, **Ertogral y Wu (2000)** hacen mención a la cantidad elevada de tiempo y recursos que se requiere para poder implementar un sistema de tipo centralizado, lo cual es necesario tener en cuenta al momento de considerar la implementación de un sistema centralizado. En contraste, y considerando a **Choi y Hong (2002)**, esta situación resulta equiparable en el sentido de que, una orientación centralizada de cadena de suministro considera una lista de proveedores clave y, por consiguiente, el diseño de las actividades es controlado por el cliente final (por ejemplo el montador final), con la salvedad de que cada componente de la cadena tendrá un control parcial respecto a una función particular.

De esta manera, la estructura que se va a seguir en el presente Capítulo es la siguiente. En primer lugar, se distinguen los conceptos relacionados con las cadenas de suministro, principalmente, bajo la perspectiva de los conceptos y los elementos que apoyen al posterior modelado del proceso de planificación. Para esto, se abordan distintas definiciones de modelo conceptual y sus aplicaciones al modelado de cadenas de suministro. Además, se tratan otros aspectos relacionados con los modelos conceptuales tales como objetivos, calidad de los mismos, captura de requerimientos, marco de trabajo, documentación e información, perspectiva dinámica, ventajas del entendimiento inicial del dominio de modelado, combinación de lenguajes de modelado y las ventajas de considerar un modelo de referencia inicial para desarrollar el proceso de modelado conceptual de los procesos involucrados en la cadena de suministro. Posteriormente, se desarrolla un estudio para identificar las principales arquitecturas (o *Frameworks*) como apoyo al modelado empresarial. Esto con la idea de poder visualizar de manera conjunta las integraciones empresariales que puedan existir así como el flujo de información relevante a considerar por los autores. Seguidamente, se realiza un estudio respecto a todos aquellos elementos que son considerados como relevantes en la literatura científica para favorecer la colaboración entre los elementos principales de la cadena de suministro. A continuación se presenta un breve estudio con las principales arquitecturas orientadas al modelado empresarial bajo la perspectiva de los procesos colaborativos y las

topologías de cadena de suministro estudiadas en el Capítulo 2. Finalmente, se presentan las conclusiones y líneas futuras de investigación acontecidas a lo largo de este trabajo.

3.2 MODELADO EMPRESARIAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

3.2.1 LENGUAJES DE MODELADO EMPRESARIAL

En la actualidad, se han desarrollado una variedad de formatos o lenguajes para la representación de reglas de negocio. Estos lenguajes varían entre prototipos de investigación, los específicos de un proveedor, y propuestas para el intercambio de información basado en lenguajes de marca extensibles (*extensible markup language* o XML) para apoyar el modelado de reglas de negocio. La diversidad de enfoques para los lenguajes se debe a la variedad en las reglas filosóficas que acompañan la definición de estos lenguajes (**zur Muehlen y Indulska, 2010**). Así, uno de los aspectos relevantes a tener en cuenta en el modelo empresarial, ya sea en cadenas de suministro o en cualquier otro tipo de entorno, es el establecimiento, la definición o la selección del lenguaje que se considerará para describir las actividades o procesos. De esta forma, serán varios los aspectos a tener en cuenta en los lenguajes de modelado que, según **Lorenz (1999)**, serán tres los más importantes: la disciplina, el paradigma y el nivel de modelado. De igual manera, tal como lo expresa **Xiao (2007)**, los lenguajes de modelado pueden considerar tanto una perspectiva gráfica como textual en relación con lo siguiente:

- **El lenguaje de modelado gráfico.** Contempla técnicas gráficas. Es decir, consideran la utilización de símbolos para representar los conceptos, como por ejemplo las relaciones y las restricciones entre los diferentes elementos. De esta forma, este tipo de lenguajes genera un apoyo visual para los procesos.
- **El lenguaje de modelado tipo textual.** Considera la utilización de palabras claves estándar. Esto hace posible construir expresiones interpretables, por ejemplo, por diferentes sistemas informáticos.

Por lo tanto, el modelado de los procesos implicará generar un entendimiento común para proporcionar una comprensión global. Esto debido a que las empresas podrán ser analizadas e integradas a través de sus procesos (**Aguilar-Savén, 2004**). Así es como resulta de vital importancia realizar una adecuada selección del lenguaje de modelado que soportará la representación de los procesos. Esta selección deberá tener en

cuenta, en primer lugar, el objetivo del modelado y, en segundo lugar, el conocimiento propio de los modeladores.

De acuerdo con lo anterior, la Tabla 1 revisa los lenguajes de modelado más utilizados en el ámbito del modelado empresarial. Las dimensiones a tener en cuenta para realizar el estudio de estos lenguajes de modelado son:

- **Lenguaje.** Nombre del lenguaje de modelado.
- **Acrónimo.** Sigla que define el lenguaje de modelado.
- **Descripción.** Breve resumen con las características principales del lenguaje seleccionado y su fuente.
- **Orientación.** Para la incorporación de estos lenguajes en las etapas de modelado de la presente tesis en los capítulos 5 y 6, se establece una valoración (muy adecuada, ★★★, adecuada, ★★, poco adecuada, ★, no adecuada, ♦) de acuerdo con la idoneidad de los lenguajes. Esto se realiza según la adaptación de éstos para cubrir los aspectos relevantes en el modelado empresarial de las cadenas de suministro como son:
 - **Estructurada.** Establece si el lenguaje considera elementos para un modelado de tipo estructurado.
 - **Objetos.** Identifica si el lenguaje considera una orientación a objetos.
 - **Aplicación.** Establece si es posible aplicar el lenguaje a problemas reales de cadenas de suministro.
 - **Conceptual.** Representa el vínculo que existe entre el lenguaje y el modelado conceptual.

Tabla 1. Lenguajes de modelado empresarial.

Lenguaje	Acrónimo	Descripción	Orientación			
			Estructurada	Objetos	Aplicación	Conceptual
The Business Process Definition Metamodel	BPDM	<p>El lenguaje BPDM considera una definición normalizada para expresar modelos de procesos de negocio, es decir establece un meta-modelo. En base a esto, es posible definir conceptos, relaciones y semánticas para apoyar el intercambio de modelos entre diferentes herramientas de modelado, cuyas características principales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Define los elementos de negocio que permiten especificar los procesos. • Unifica las notaciones y genera semánticas compatibles. • Se complementa con el lenguaje unificado de modelado (<i>unifed modeling language</i> o UML), para que las especificaciones de los procesos sean coherentes y complementarios. • Favorece la integración de las diferentes perspectivas de los modelos (procesos, gestión, flujos, etc.). • Soporta la especificación de los servicios y apoya la colaboración entre las entidades participantes. • Permite el intercambio de especificaciones. <p>Fuente:http://www.omg.org/bp-corner/bp-files/The_OMG_BP_Corner_INTRO_Paper_3-2-04.pdf</p>	★	★★★★	★★	★★★★
Business Process Execution Language	BPEL	BPEL es un lenguaje denominado de orquestación. Esta orquestación especifica un proceso ejecutable que implica, a su vez, el intercambio de mensajes con otros sistemas. Así, las secuencias de intercambio de mensajes son controladas por el diseñador. Por tanto, posee una	★★★★	★★	★★	★

Lenguaje	Acrónimo	Descripción	Orientación			
			Estructurada	Objetos	Aplicación	Conceptual
		<p>orientación hacia el modelado de procesos de negocio, y se caracteriza por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considerar un mecanismo de correlación de mensajes basado en sus propiedades. • Variables soportadas por los lenguajes de tipo XML y de descripción de servicios <i>Web (web services description language</i> o WSDL). • Ser un lenguaje extensible para soportar la escritura de expresiones en varios lenguajes. • Considerar un lenguaje estructurado que tiene en cuenta las secuencias y los flujos. • Soportar los controladores de encapsulación de variables locales, fallos y eventos. • Permitir los accesos concurrentes. <p>Fuente: http://www.ibm.com/developerworks/library/specification/ws-bpel/</p>				
Business Process Modeling Language	BPML	<p>BPML se concibe como un lenguaje de programación estructurado recursivo bajo una estructura de bloques. Apoya la determinación de las declaraciones, las definiciones y la ejecución de los procesos. El control de flujo es controlado, por tanto, de manera exclusiva por los bloques. Se caracteriza por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apoyar el intercambio de mensajes, controlando y manejando los fallos. • Apoyar las instancias de servicios. • Utilizar el contexto de estructura de bloques y control de 	★★	★★	★★	◆

Lenguaje	Acrónimo	Descripción	Orientación			
			Estructurada	Objetos	Aplicación	Conceptual
		<p>excepciones para llevar a cabo las transacciones.</p> <p>Fuente: http://www.ebpm1.org/bpml.htm</p>				
Business Process Modeling Notation	BPMN	<p>El objetivo principal de BPMN es proporcionar una notación que sea fácilmente comprensible por todos los usuarios, los analistas, los desarrolladores y las personas encargadas de supervisar los procesos de negocio. Por lo tanto, este lenguaje define de manera estandarizada tanto el diseño de los procesos de negocio como su ejecución.</p> <p>Fuente: http://www.bpmn.org/</p>	★★	★★★★	★★	★★
Electronic Business using eXtensible Markup Language	ebXML	<p>Este lenguaje está basado en el estándar XML y proporciona una infraestructura abierta que permite el uso global de la información de los procesos negocios, comúnmente de tipo electrónicos, de una manera interoperable, segura y coherente para todas las entidades vinculadas a los procesos de negocio.</p> <p>Fuente: http://www.ebxml.org/</p>				
Event-driven Process Chain	(EPC)	<p>El lenguaje EPC genera modelos de procesos basados en eventos e identifica los estados del sistema. Es decir, el modelo de proceso basado en el lenguaje EPC tendrá en cuenta, además de considerar la interacción y comunicación entre las organizaciones, los estados y los comportamientos asociados a las entidades,</p> <p>Fuente: http://www.smartdraw.com/resources/glossary/Event-Driven-Process-Chain</p>	★★	◆	★	★★

Lenguaje	Acrónimo	Descripción	Orientación			
			Estructurada	Objetos	Aplicación	Conceptual
FLOWCHART	FLOWCHART	<p>Un <i>flowchart</i>, o diagrama de flujo, es un tipo común de gráfico, que representa un algoritmo o proceso, señalando los pasos (utilizando cajas de varios tipos) y su orden mediante la conexión de éstos mediante la utilización de flechas. Diagramas de flujo se utilizan en el análisis, diseño, documentación o la gestión de un proceso.</p> <p>Fuente: http://www.businessdictionary.com/definition/flowchart.html</p>	★★★	◆	★	★★★
Integration DEFinition	IDEF	<p>Es un conjunto de lenguajes de modelado en el ámbito de los sistemas e ingeniería de <i>software</i>. Cubren una gama amplia de usos, tales como: modelado, simulación, análisis orientado a objetos y diseño y adquisición de conocimientos en relación con las funciones de información del entorno o domino de modelado.</p> <p>Fuente: http://www.idef.com/</p>	★★	★	★★	★★
RED PETRI	RED PETRI	<p>Una red de Petri es un lenguaje que representa la dinámica del entorno. Consta, principalmente, de tres elementos fundamentales: l estados, transiciones y arcos dirigidos. De esta forma los arcos serán el resultado de la ejecución de actividades, mientras que las transiciones se generan a partir de un estado de entrada o de salida. La red Petri resulta de gran utilidad para representar las secuencias de actividades teniendo en cuenta las diferentes posibilidades de transición entre los diferentes estados vinculados a las actividades del proceso.</p> <p>Fuente: http://www.petrinetz.de/</p>	★★	◆	★	◆

Lenguaje	Acrónimo	Descripción	Orientación			
			Estructurada	Objetos	Aplicación	Conceptual
Process Interchange Format	PIF	<p>Este lenguaje considera la descripción del proceso, teniendo en cuenta los objetos tales como las actividades, los actores y los recursos. Por lo tanto, cada objeto considera un identificador único para que los otros objetos puedan hacer referencia a estos. Cada tipo de objeto (o clase) posee un conjunto específico de atributos definidos, donde cada atributo describe algún aspecto del objeto.</p> <p>Fuente: http://ccs.mit.edu/pif/</p>	★	★★	★	◆
Role Activity Diagram	RAD	<p>El lenguaje basado en los diagramas de actividad considera una notación del tipo diagramas de flujo. Normalmente se representa según la actividad principal o hilo y las condiciones de elección de cada rol.</p> <p>Fuente: http://www.eis.mdx.ac.uk/staffpages/geetha/BIS2000/RADs/rad.html</p>	★★★	◆	★★	★★
Unified Enterprise Modelling Language	UEML	<p>El lenguaje UEML abarca varios aspectos de manera simultánea. Es decir, considera una teoría, una tecnología y una herramienta para apoyar el uso integrado de modelos de sistemas de información en la empresa. Además, soporta el uso de diferentes idiomas. De este modo, los modelos existentes se pueden relacionar entre ellos de una manera explícita y útil. Esto resulta de vital importancia para apoyar la comprobación de la coherencia, la actualización automática, la traducción de modelo a modelo y otros servicios teniendo en cuenta las barreras lingüísticas en el proceso de modelado.</p> <p>Fuente: http://www.uemlwiki.org/</p>	★	★★★	★★★	★

Lenguaje	Acrónimo	Descripción	Orientación			
			Estructurada	Objetos	Aplicación	Conceptual
Unified Modelling Language	UML	<p>UML es un lenguaje que combina las mejores prácticas de los conceptos de modelado de datos tales como los diagramas de entidad-relación, el modelado de negocios (también conocido como <i>work-flow</i>), el modelado de objetos y el modelado de componentes. Se puede decir que UML es posible utilizarlo con todos los procesos vinculados con el ciclo de vida del <i>software</i> y con las tecnologías de aplicación. UML se orienta hacia apoyar el modelado estándar bajo perspectivas concurrentes y distribuidos. Para esto, se tiene en cuenta la ingeniería de <i>software</i> orientada a objetos, considerando la fusión en un solo idioma y un modelado común que pueda ser ampliamente utilizable y entendible por los diferentes niveles de la empresa.</p> <p>Fuente: http://www.uml.org/</p>	★	★★★★	★★★★	★
Extensible Markup Language	XML	<p>XML, es un lenguaje que resulta de la combinación con varias normas de modelado. XML ayuda a definir el contenido de un documento de forma independiente a su formato, por lo que permite reutilizar el contenido en otras aplicaciones o entornos. Además proporciona una sintaxis básica que se puede utilizar, por ejemplo, para compartir la información entre los diferentes tipos de ordenadores, aplicaciones y organizaciones, sin la necesidad de pasar a través de muchas capas de la conversión para interpretar el contenido de los mensajes.</p> <p>Fuente: http://www.w3.org/XML/</p>	◆	★★★★	★★	◆
XML Process Definition	XPDL	<p>Este lenguaje está pensado para dar soporte al modelado de tipo gráfico-estructurado. Considera el concepto de bloque en sus</p>	◆	★★★★	★★★★	◆

Lenguaje	Acrónimo	Descripción	Orientación			
			Estructurada	Objetos	Aplicación	Conceptual
Language		<p>procesos. El enrutamiento es controlado por las especificaciones de las transiciones entre las actividades. De esta forma, las actividades en un proceso representan los nodos de un grafo con las transiciones respectivas. Se orienta, por ejemplo, a la representación de la distribución de actividades. Para esto, se tiene en cuenta la actividad de un atributo, que especifica los recursos necesarios para realizar la actividad, y el atributo de una actividad, donde se especifican las aplicaciones necesarias para la ejecución de la misma. Estos aspectos, en conjunto, se encargan de apoyar la definición de un recurso (por ejemplo, los participantes), en relación con una aplicación que realizan la actividad. También establece las aplicaciones de los elementos de lista de trabajo teniendo en cuenta, incluso, información ubicada fuera del dominio de las definiciones del proceso.</p> <p>Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/XPDL</p>				

Tal como señala la Tabla 1, los lenguajes de modelado, en su mayoría, se presentan como una representación de tipo estándar, es decir que pueden ser entendibles por la mayoría de las entidades independiente del entorno al que pertenezcan. Así, dada la *secuencialidad* de los procesos, la mayoría de los lenguajes tienen en cuenta una perspectiva estructurada, en relación con la perspectiva orientada a objetos. Para entender este hecho, es importante visualizar que la perspectiva orientada a objetos tiene que ver con la implementación de los sistemas, más que del proceso mismo. Esto resulta coherente, ya que las perspectivas de aplicación presentan un mayor número de consideraciones frente a la perspectiva conceptual. Así, una vez seleccionado el lenguaje para apoyar el modelado de los procesos, es necesario establecer una estructura para presentar los modelos asociados a los procesos. Estas estructuras reciben el nombre de Arquitecturas o *Frameworks*, las que se describen y comentan en el siguiente subapartado.

3.2.2 ARQUITECTURAS\FRAMEWORKS DE APOYO AL MODELADO EMPRESARIAL EN CADENAS DE SUMINISTRO

3.2.2.1 FRAMEWORKS DE ARQUITECTURAS EMPRESARIALES

Las arquitecturas empresariales se orientan a organizar y estructurar las diferentes vistas que una empresa puede considerar. Entendiendo por vista a la característica específica que se desea estudiar. Así, cuando una arquitectura empresarial es de tipo genérica (es decir que puede ser aplicable a muchos tipos entornos) se habla de un *Framework* de arquitectura empresarial, *Framework* empresarial o, simplemente, *Framework*. Por lo que, a través de un *Framework* es que se podrán conseguir las diferentes arquitecturas y modelos particulares a los dominios o entornos empresariales específicos. En este contexto, y a modo de ejemplo, **Marley (2003)**, considera que son tres los componentes básicos que un *Framework* debe considerar:

- **Vistas.** Para proporcionar los mecanismos de comunicación así como la identificación de las relaciones en las informaciones de la empresa.
- **Métodos/metodologías.** Para ordenar, identificar, analizar y modelar los elementos del dominio de modelado (**Hernández et al., 2008**).

- **Entrenamiento.** Para apoyar la puesta en práctica de los conceptos teóricos identificados en el *Framework* mediante la utilización de herramientas y lenguajes de modelado especializados.

Por otra parte, dado que en general las arquitecturas consideran un ámbito de aplicación amplio, y porque además las empresas (en esencia) son complejas de analizar y modelar, la consideración de *Frameworks* (ver Tabla 2) para soportar estas arquitecturas empresariales es una consideración que cada vez se tiene más en cuenta para apoyar el modelado empresarial. Esto se debe a que un *Framework* proporciona las herramientas y métodos necesarios para focalizar los esfuerzos en los elementos más relevantes y críticos de la empresa (recursos, información, procesos, flujos, etc...).

Tabla 2. Resumen de Frameworks empresariales más relevantes.

Framework empresarial	Autor	Año de creación/ última actualización	Características	Ventajas y desventajas	Disponible en
Enterprise Architecture Framework (Zachman)	John Zachman	1987 / Enero de 2009	Tiene sus orígenes en las industrias de fabricación. Es una <i>Framework</i> que se caracteriza por la consecución de documentos (o <i>deliverables</i>). Considera una perspectiva holística y apoya los procesos de planificación.	Ventajas: - Ampliamente aceptada. Desventajas: - Limitada solo a arquitecturas empresariales.	http://www.zachmaninternational.com
Integrated Architecture Framework (Capgemini)	Capgemini. Consulting, Technology, Outsourcing	1987 / Enero de 2006	Con orígenes en el área de planificación de las empresas, se presenta como apoyo a las herramientas de comunicación de las empresas y considera una perspectiva holística de los procesos.	Ventajas: - Presenta características de escalabilidad y es totalmente adaptable a las necesidades de los clientes. Desventajas: - Es de aceptación limitada.	http://www.capgemini.com/services/soa
NATO Architecture Framework	Multi-national NATO Open Systems Working Group (NOSWG)	2003/2005	Los orígenes de este <i>Framework</i> se centran en dar soporte a temas de defensa. Considera principal una vista neutra del proceso de modelado tomando en cuanta, como vistas principales, los procesos de operacionales, sistémicos y técnicos.	Ventajas: - Ampliamente aceptado en el mundo de de defensa. Desventajas: - Perspectiva holística limitada.	http://www.nato.int/

Framework empresarial	Autor	Año de creación/ última actualización	Características	Ventajas y desventajas	Disponible en
Extended Enterprise Architecture Framework (IFEAD)	Jaap Schekkerman	2001/2009	Este <i>Framework</i> nace a partir del continuo desarrollo de arquitecturas empresariales. Se orienta principalmente a la investigación y desarrollo del intercambio continuo en el flujo de información en el ámbito de arquitectura empresarial.	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ampliamente aceptado y considera una perspectiva holística completa. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al ser un producto abierto (open source) no hay garantías de los desarrolladores lo sigan mejorando. 	http://www.enterprise-architecture.info/
Computer Integrated Manufacturing Open Systems Architecture (CIMOSA)	CIMOSA Association	1995/1999	Nace como una iniciativa Europea a modo de instrumento de apoyo a los procesos de planificación. Estudia la empresa según cuatro vistas diferentes (organizacional, de recursos, informacional y funcional) teniendo en cuenta un nivel genérico, parcial y particular para cada uno de estos.	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Genera un entendimiento mejor de la organización. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aceptación y perspectiva holística limitada. 	http://cimosacnt.pl/
The Open Group Architecture Framework (TOGAF v9) Enterprise Edition	The Open Group	1995/2008	Como <i>Framework</i> abierto, se presenta como una arquitectura estándar para industria para el desarrollo de arquitectura de sistemas de información que apoyen la gestión de la empresa.	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ampliamente aceptados <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al ser un producto abierto (open source) no hay garantías de los desarrolladores lo sigan mejorando. 	http://www.opengroup.org/overview/

Framework empresarial	Autor	Año de creación/ última actualización	Caraterísticas	Ventajas y desventajas	Disponible en
US - Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF)	USA Federal Government	1999/2008	El objetivo de FEAF es la de facilitar el desarrollo de procesos comunes y e intercambio de información entre agencias federales y otras agencias de tipo gubernamentales.	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amplia aceptación en el gobierno de USA y considera una perspectiva holística. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limitado a un cierto segmento. 	<p>http://www.cms.hhs.gov/EnterpriseArchitecture/02_FEA_F.asp</p>
US - Treasury Enterprise Architecture Framework (TEAF)	Department of the Treasury Chief Information Officer Council	2000/2001	Se crea para apoyar el papel el desarrollo de una arquitectura empresarial que de apoyo al desarrollo y la gestión de la tesorería del gobierno. Así, se orienta a establecer objetivos globales a nivel de departamentos. Actua como una herramienta de planificación y comunicación.	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicabilidad amplia en el gobierno de USA a nivel del tesoro del fobierno. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contempla una vista holística limitada. 	<p>http://www.eaframeworks.com/TEAF/</p>

3.2.2.2 PROPUESTAS DE ARQUITECTURAS EMPRESARIALES TIPO FRAMEWORK EN ENTORNOS DE CADENAS DE SUMINISTRO

La consideración de arquitecturas como apoyo al modelado empresarial presenta una serie de ventajas, por ejemplo apoya la generación de un lenguaje común y finito que permite la comunicación inteligible y coherente dentro y entre las empresas. Además facilita la reutilización y el rediseño de procesos (**Ortiz et al., 1999**). Adicionalmente, tal y como comentan **Anaya y Ortiz (2005)**, las arquitecturas empresariales proporcionan un vista común de los recursos primarios de cualquier empresa (por ejemplo, las personas, los procesos y las tecnologías) y, también, cómo estos se integran para proporcionar controles primarios a éstas (por ejemplo, la estrategia). De hecho, es posible decir que las arquitecturas empresariales están orientadas a la creación de valor a un nivel corporativo, lo cual facilita la distribución de las tecnologías orientadas hacia los procesos y la información entre las diferentes unidades estratégicas empresariales (**Vries y van Rensburg, 2008**). En este mismo contexto, y a modo de ejemplo, **Dallinovic y Winroth (2005)** proponen un *Framework* para apoyar el entendimiento de las dimensiones de integración en configuraciones colaborativas de cadenas de suministro. Estas dimensiones de integración, que se presentan como herramientas analíticas, se relacionan con el rango de la integración (que refleja el grado de organización funcional), el ámbito de la integración (con el objetivo de dimensionar el grado de integración inter-organizacional entre las diferentes empresas de la cadena), el horizonte de integración (para señalar la integración de las actividades tanto a nivel inter-empresa como intra-empresa) y, finalmente, la intensidad de la integración (que expresa lo densas que pueden llegar a ser la actividades entre los actores y los patrones de comunicación). De esta manera, teniendo en cuenta el desarrollo de las arquitecturas empresariales de referencia desarrolladas en el último tiempo (por ejemplo, GERAM (**GERAM, 1999**); ISA (**Zachman, 1987**); CIMOSA (**CIMOSA, 1993**); PERA (**Williams, 1992**); ARIS (**Scheer, 1992**); GIM (**Doumeingts, 1993**); etc...), **Peristeras y Tarabanis (2000)** comentan que la tendencia de las empresas (pertenecientes a un sector específico) es hacia el establecimiento de datos y procesos estándares de referencia, con lo cual se favorece la integración de sus actividades. En este sentido, **Noran (2003)** estudia la aplicabilidad del *Framework* Zachman como arquitectura empresarial según los requerimientos de modelado empresarial de la arquitectura GERAM. Para el desarrollo de esta comparativa se consideran una serie de aspectos relevantes para las arquitecturas empresariales como son el ciclo de vida de cada fase, los aspectos temporales, el marco de modelado, los lenguajes de

modelado, las metodologías, los modelos de referencia, las herramientas de ingeniería empresarial, etc. Adicionalmente, **Cuenca et al. (2006)**, en relación a la utilización de arquitecturas empresariales de apoyo al modelado, plantea un método que involucra el desarrollo de modelos parciales así como además la identificación de componentes empresariales. En base a esto, es posible dar soporte a la capitalización del conocimiento respecto a la estructura y a la operativa del conocimiento. Además, destaca el hecho de que no solo los modelos de información son requeridos para apoyar el modelado empresarial, sino que también se han de considerar modelos que consideren otros aspectos como la funcionalidad, los recursos y la organización de las entidades. Según **Cuenta et al. (2006)**, quienes utilizan CIMOSA como *Framework* base, los elementos principales que se tienen en cuenta en el nivel funcional son el dominio, los objetivos, las relaciones y restricciones, los eventos, los procesos del dominio, las reglas declarativas, los procesos de negocio y las actividades empresariales. Adicionalmente, desde una perspectiva de la información, se tienen en cuenta aspectos como los objetos empresariales, la vista de objetos, los elementos de información, las reglas de integridad, los mecanismos de abstracción y las relaciones entre objetos. Por otra parte, se considera una visión de recursos para considerar las capacidades involucradas en los procesos. Estas capacidades también se asocian al nivel funcional. Así, y de acuerdo con la perspectiva organizativa, se consideran las responsabilidades y las autoridades correspondientes. Adicional a lo anterior, desde un punto de vista de los procesos de planificación en cadenas de suministro, **Liu et al. (2005)** presentan una arquitectura basada en el lenguaje de modelado tipo *workflow* (mayor detalle de esta terminología se puede encontrar en **Allen (2001)**) para apoyar el modelado de los procesos de planificación en una cadena de suministro. Se destaca que el objetivo de su arquitectura no es la de presentar los tecnicismos para solventar la conexión entre los sistemas asociados a cada nodo sino que, por el contrario, la de presentar nuevos conceptos útiles para el desarrollo de modelos de flujos de tipo inter-organizacional. Por lo que **Liu et al. (2005)**, mediante su propuesta de arquitectura, definen y controlan la ejecución de los procesos de negocio de la empresa. Bajo la utilización de esta arquitectura, se podrán encontrar beneficios directos tales como:

- Nivel de respuesta más rápido frente a los cambios continuos del entorno.
- Mayor estabilidad y operatividad de los planes de fabricación.

- Mayor precisión en la información implicará un control efectivo, por ejemplo, en los niveles de inventario.
- El ciclo de vida de los productos en los almacenes se ve reducido.
- La velocidad del flujo de información se ve incrementado.
- Optimización de la utilización del capital de trabajo.

Por otra parte, a partir de la utilización de la arquitectura propuesta por **Liu *et al.* (2005)**, algunos efectos indirectos son:

- Generación de estándares para el control de calidad.
- Desarrollo de planes de fabricación mejores.
- Implantación de métodos de protección de la propiedad intelectual.
- Estrategias competitivas.
- Obtención de políticas de precio de los productos.

Seguidamente, y en esta misma línea, **Spekman y Carraway (2006)** identifican los elementos críticos asociados a la transición de un estado tradicional (no colaborativo) hacia uno colaborativo. Para esto identifican los procesos que dan cuenta de las capacidades (por ejemplo, las competencias clave de la empresa en un proceso colaborativo), los controles (para tener en cuenta los motores principales que mueven a la empresa hacia la colaboración) y los vínculos fundamentales (que a pesar de que son los menos perceptibles, se refieren al establecimiento de los cimientos fundamentales para que la colaboración siga teniendo relevancia mediante la adaptación y/o incorporación de nuevos factores. De este modo, frente al dinamismo y constante cambio del entorno, estos vínculos podrán permanecer invariantes en el tiempo). Como aspecto fundamental del trabajo de **Spekman y Carraway (2006)**, bajo el contexto colaborativo del intercambio de información, se establece que serán seis las dimensiones a tener en cuenta en el desarrollo del modelado empresarial: las tecnologías, los procesos, las estructuras, las personas, las informaciones y los resultados). También, considerando las bondades inherentes a las arquitecturas empresariales de apoyo al entendimiento y al modelado del entorno, **Ulieru *et al.* (2000)** proponen una arquitectura colaborativa recursiva multiresolutiva. Esta arquitectura, denominada *multi-resolution collaborative architecture* (o MRCA), se basa en el modelado de agentes para soportar el desarrollo de mecanismos de coordinación y la generación de aplicaciones cooperativas en entornos globales de fabricación. Fundamentalmente, considera tres niveles, un nivel inferior que involucra

la capa de comunicación, un nivel intermedio que considera la capa de coordinación para gestionar la cooperación entre los agentes a través de mecanismos de conversación y comunicación inteligentes, y una última capa superior en la que se ubican y definen cinco tipos de agentes: interfaz, colaboración, gestión del conocimiento, aplicaciones y recursos. El objetivo MRCA se traduce en la consideración del aspecto dinámico y social en el modelado de cadenas de fabricación. Por su parte, **Choi et al. (2005)** plantean un *Framework* para el diseño de cadenas colaborativas utilizando modelos de referencia. Esta propuesta considera el hecho de que la colaboración en el diseño de cadenas resulta una tarea compleja debido a la diversidad y el dinamismo de los entornos. Para esto, los autores consideran tres modelos de referencia que se encargan de capturar las diferentes vistas del diseño colaborativo, el diseño de procesos, los componentes de servicio y tecnologías así como los estándares de referencia.

Seguidamente, **Rodríguez y Al-Ashaab (2005)** proponen una arquitectura para apoyar la gestión del conocimiento en cuanto al desarrollo colaborativo de productos. Para el desarrollo de ésta, los autores plantean tener en cuenta una serie de elementos previos en relación con las herramientas y aplicaciones, por ejemplo los sistemas de arquitecturas de información, las herramientas de comunicación, las herramientas de gestión, las herramientas de modelado, las aplicaciones de ingeniería, las herramientas de gestión de proyectos y la definición de una representación clara del conocimiento. En este sentido, **Rodríguez y Al-Ashaab (2005)** estructuran su arquitectura en base a tres capas (la de información, la de aplicación y la del usuario final). Estas capas consideran principalmente los siguientes elementos:

- **A nivel de información.**
 - Modelo de productos. Soporta el ciclo de vida de los productos así como a los datos referidos a éstos.
 - Modelo del conocimiento de fabricación. Gestiona el conocimiento distribuido referente a los productos y favorece la colaboración entre las empresas.
- **A nivel de aplicación.**
 - Ingeniería de soporte a la decisión. Da soporte a las aplicaciones relacionadas con la gestión de los proyectos, la

definición de las especificaciones, la ingeniería de los productos y la ingeniería de los procesos.

- Gestión de la información. Se encarga de gestionar los equipos de trabajo, el acceso a los archivos, y la gestión del conocimiento.

- **A nivel de usuario final.**

- Aplicación que utilizará el usuario final.

De esta forma, la arquitectura propuesta por **Rodriguez y Al-Ashaab (2005)** presenta especial interés dado que favorece la colaboración entre empresas considerando una estructura que integra la ingeniería de procesos con la gestión del conocimiento, siendo esta última considerada como principal fuente del flujo de información. Otra perspectiva respecto al desarrollo de arquitecturas empresariales, que den soporte a la colaboración entre empresas, la presentan **Kim et al. (2006)**. En esta arquitectura se utilizan, principalmente, semánticas *Web* para apoyar la integración de las funciones tales como el diseño de procesos, los planes de negocio y las operaciones de ensamblaje. Además, la arquitectura propuesta por **Kim et al. (2006)** utiliza una semántica de acuerdo con la gramática de los procesos y las ontologías asociadas a los procesos de especificación y manipulación de productos, por lo que apoya la gestión de los procesos colaborativos en empresas distribuidas. Específicamente esta arquitectura presenta cinco elementos de interés tales como el motor de procesos (que maneja la ejecución de los procesos y conserva el estado actual de ejecución), la librería de procesos (para apoyar la gestión del almacenamiento de datos), la librería de herramientas (que gestiona las herramientas que se pueden utilizar en los procesos colaborativos), el Cockpit (que es un *applet* de JAVA orientado a dar información gráfica a los usuarios) y un módulo de servicio *Web* (que sirve para proporcionar la conectividad al motor de procesos con los entorno *Web*). Por lo tanto, se puede decir que una arquitectura de este tipo podrá proporcionar un entorno de trabajo más flexible y adaptable en el contexto de la interoperabilidad entre las unidades que colaboran, permitiendo a su vez al usuario descubrir los miembros colaborativos de manera rápida, con lo cual se facilita el proceso de toma de decisiones oportunas para responder a los cambios continuos del entorno (**Kim et al., 2006**). Así, y debido a que los participantes en un contexto de cadena de suministro consideran experiencias y dominios de negocio diferentes, la interoperabilidad entre las empresas debe estar garantizada para favorecer procesos colaborativos. De hecho, **Lee et al. (2009)** proponen una arquitectura empresarial ontológica para conseguir esta interoperabilidad. Esta propuesta considera,

principalmente, tres capas de arquitecturas ontológicas para una cadena de valor integrada: la capa basada en la meta-sintaxis, la capa de domino y la capa de constructores ontológicos básicos.

En este mismo sentido genérico de la colaboración, que se sustenta en base al intercambio de información considerando el mutuo acuerdo entre los participantes de la cadena de suministro, **Gruat La Forme et al. (2007)** considera que el óptimo de un proceso de fabricación, para un nodo en particular, se conseguirá estableciendo una colaboración con sus proveedores y una logística de suministro (para los nodos de nivel inferior), considerando una cadena con enfoque hacia los clientes, una política de transporte y distribución así como un plan de ventas en función de la demanda (para el caso de los nodos de nivel superior) y, transversalmente a todos los niveles, consideran de vital importancia aspectos como: la logística inversa, una gestión integrada de la cadena de suministro, el diseño de los productos así como el desarrollo y evolución de estos. Por lo tanto, el *Framework* que proponen **Gruat La Forme et al. (2007)** considera el intercambio de información entre los miembros de la cadena así como el tratamiento de esta información, para lo cual se tienen en cuenta dos modelos fundamentales, el primero centrado en la caracterización de las relaciones entre los miembros de la cadena, teniendo en cuenta aspectos como la estructura y el perfil de la colaboración, y el segundo orientado hacia el rendimiento que la colaboración genera, donde se considera la incorporación de indicadores de rendimiento así como las percepciones del desempeño de las políticas colaborativas. Así, uno de los resultados importantes de la aplicación de este *Framework* es que es posible observar que las empresas tienden a colaborar (o intentar establecer prácticas colaborativas) con los nodos de un nivel superior en mayor medida respecto a los de nivel inferior. Pero aun así, desde un punto de vista general, los nodos de una cadena de suministro no están siempre dispuestos a compartir su información (más aun en los los tres niveles de decisión: estratégico, táctico y operativo). Una de las principales causas se debe a las deficiencias en los sistemas informáticos que las conforman. Entendiendo esta deficiencia como la falta de tecnologías compatibles, políticas estándar de seguridad de la información, etc. Así, por ejemplo, **Gutiérrez Vela et al. (2007)** comentan que el intercambio de los recursos entre los nodos ocurre con mucha frecuencia en la actualidad, por lo que plantean que debido a las relaciones complejas que se producen entre las actividades y los usuarios, la definición y la administración de los diferentes niveles de seguridad se deben adecuar a la mayoría de las relaciones que pueden existir, lo que

implica centrar la atención en el control de acceso a la información y, por consiguiente, plantear los controles de seguridad presentes en los sistemas colaborativos. Para esto, **Gutiérrez Vela et al. (2007)** presentan una arquitectura técnica para el modelado del control de acceso en aplicaciones para las empresas complejas, o sistemas empresariales, mediante la utilización de actividades colaborativas. Esta arquitectura considera dos pilares fundamentales. En primer lugar, se tienen en cuenta los servicios de autorización, como son los registros de los usuarios y los roles, los roles de los permisos y los vínculos con los usuarios, la modificación de los roles, la verificación del acceso a los recursos y las actividades de acuerdo con los permisos activos a los usuarios. En segundo lugar, y considerando lo planteado por **Terai et al. (2003)**, se aborda la gestión de las tareas relacionadas con el servicio prestado a los usuarios como por ejemplo la definición de los aspectos declarativos para saber qué es lo que se necesita hacer y los aspectos operacionales para establecer el cómo se han de hacer las actividades por los usuarios.

Siguiendo esta misma línea, **Kua et al. (2007)** proponen un *Framework* para el modelado de la colaboración virtual para el análisis y el diseño de los procesos logísticos, específicamente lo aplican a las industrias del sector de la fundición. Así, su *Framework* consiste en la identificación de una serie de etapas que se deben seguir, como son:

- **Intercambio y desarrollo de información.** Se orienta a la generación de ontologías empresariales (**Hintikka (1970)**). De esta manera, la ontología podrá ser considerada como un sistema de ayuda a la identificación de las terminologías utilizadas en las diferentes empresas de la cadena para generar una terminología común en las diferentes empresas.
- **Diseño y simulación del ciclo de vida de los productos de la red de suministro.** Apoya el área de colaboración entre las empresas, la cual se podrá definir según la gestión del diseño, la ingeniería y la logística del ciclo de vida de los productos.
- **Arquitectura para la integración de la información.** Para este caso se tienen en cuenta los datos y sus representaciones para obtener, en base a una vista funcional, la descripción y la identificación de subfunciones individuales según las diferentes relaciones que existirán entre éstas.
- **Colaboración.** De acuerdo con el lenguaje unificado de modelo (UML), la colaboración se gestionará mediante la identificación y el análisis de las funciones vinculadas con cada entidad. Por lo que, a

este nivel de colaboración, se considera el diagrama de casos de uso como el más idóneo para la identificación de las relaciones para el modelado de los procesos de planificación de negocio de las empresas.

- **Implementación.** Dado que la información, así como también las tecnologías, que las empresas pueden utilizar son por lo general diferentes, la implementación de un sistema que apoye a la integración de la información resulta de vital importancia.

En este sentido, **Ku et al. (2007)** consideran que para poder considerar las complejidades propias de los entornos colaborativos, se ha de tener en cuenta un lenguaje de modelado orientado a objetos para facilitar su posterior implementación. Por lo que mediante la utilización, por ejemplo, de modelos de simulación, los autores logran mejorar la eficiencia de la transformación y comunicación de los datos entre las empresas. Esto permite generar un proceso productivo óptimo mediante la consideración de planes de fabricación que tienen en cuenta los datos de las diferentes empresas. Aun así, en el contexto de proceso y empresa virtual, los *Frameworks* que generen procesos eficientes son escasos. Esto se debe a que los problemas de incompatibilidad son algo inevitables debido a las complejidades que los diferentes elementos empresariales consideran (**Choi et al., 2008**). Para esto, **Choi et al. (2008)** presentan un *Framework* con la finalidad de guiar a las empresas en el desarrollo de sus procesos colaborativos mediante el estudio y la identificación de los problemas de incompatibilidad entre los elementos empresariales. Además, y teniendo en cuenta el Framework de Zachman (**Zachman, 1987**), se consideran cinco dimensiones relevantes:

- **La interoperabilidad de los diferentes procesos de negocio.** Esta dimensión establece que, dado que cada empresa gestiona sus propios procesos de negocio en un dominio específico, la integración de los procesos negocio estará dada por lo utilización de semánticas en común.
- **Estructura de la colaboración en la red.** Para esto se considera la arquitectura de metadatos establecida por el grupo de gestión de objetos (*object management group* o OMG, www.omg.org/mda), en donde el modelo empresarial de elementos considera una estructura en base a tres capas. La primera capa considera un metamodelo para especificar los atributos y las relaciones entre las clases. La segunda capa describe los modelos de referencia para los procesos de negocio.

Y, la tercera capa (la capa inferior), que describe las instancias de los procesos de negocio que se ejecutan durante el desarrollo del ciclo de vida de los procesos de negocio.

- **El metamodelo de colaboración.** El metamodelo se puede considerar como el modelo del modelo. Define los elementos, la sintaxis, y las estructuras esenciales que el modelo utiliza, principalmente, para la construcción de modelos orientados a objetos.
- **Modelo de referencia.** Este tipo de modelo se utiliza como plantilla reutilizable para describir modelos empresariales específicos. En este contexto, se propone la utilización de tres modelos de referencias respecto a los procesos de negocio, los componentes de servicio y los estándares tecnológicos.
- **Modelos de colaboración.** Se utilizan para describir los procesos de negocio a través de la empresa e incorporan los modelos de referencia.

De esta manera, la idea fundamental de este *Framework* es que mediante la consideración de las cinco dimensiones planteadas, los “*gestionadores*” podrán integrar sus procesos de negocio con las demás empresas de una manera ágil y robusta.

Adicional a lo anterior, **Romero et al. (2008)** presentan un *Framework* conceptual orientado a la identificación y modelado de las actividades empresariales bajo un contexto colaborativo. El objetivo es generar una mejora en la calidad de los procesos colaborativos así como favorecer los posibles procesos de reingeniería. En este sentido, los autores consideran que son tres los subsistemas (o dimensiones) que se han de tener en cuenta en el modelo de las actividades. En primer lugar, se tiene en cuenta la vista tecnológica, donde las actividades de naturaleza técnica se agrupan en proyectos. En segundo lugar, se considera la vista de gestión para plantear las actividades que se han de centrar en la gestión y coordinación de las actividades tecnológicas, así como en las actividades de gestión de las relaciones de los recursos internos y externos del sistema. En tercer, y último, lugar los autores abarcan la vista de información para tener en cuenta las actividades que dan soporte a las dos dimensiones anteriores y así poder soportar el procesamiento y la recolección de la información. Adicionalmente, **Romero et al. (2008)** destacan que el subsistema tecnológico será el más importante de los tres. Esto debido a que se encarga de la búsqueda de las soluciones factibles desde el punto de vista de las necesidades y de los objetivos empresariales de la problemática actual. Por otra parte, la manera en que éste se configura condicionará la configuración de los demás subsistemas, particularmente la gestión de éstos. Como

resultado principal, se consigue un diseño y un análisis más fácilmente (en el contexto de los sistemas inter-empresa e intra-empresa), lo cual simplifica la cooperación, sincronización y coordinación entre las distintas actividades y roles de las empresas.

A continuación, la Tabla 3 presenta los aspectos principales detectados en las propuestas de *Frameworks* y arquitecturas de los autores estudiados en este sub-apartado. Muchos de estos aspectos se tendrán en cuenta en la propuesta de arquitectura de la presente tesis (ver capítulo 5).

Esta tabla considera seis dimensiones de estudio, las que se resumen a continuación:

- **Entorno.** Según lo considerado por **Hernández *et al.* (2008)**, se identifica el dominio de estudio.
- ***Framework* de arquitectura empresarial considerado.** Se identifican los *Frameworks* empresariales de apoyo al desarrollo de arquitecturas empresariales.
- **Objetivos de la arquitectura/*Framework* propuesto.** En este caso se identifica el propósito del desarrollo empresarial, ya sea del *Framework* o de la arquitectura.
- **Elementos principales que se consideran.** Se listan los elementos relevantes al modelo propuesto.
- **Herramienta de apoyo al modelado.** Se identifican las herramientas de apoyo al modelado como por ejemplo los lenguajes y las técnicas de modelado.
- **Desarrollo de la aplicación final.** Identifica si el modelo propuesto se ha aplicado a algún dominio en particular.

Tabla 3. Aspectos relevantes detectados en los Frameworks y arquitecturas propuestas por los autores.

Autor	Entorno	<i>Framework</i> de arquitectura empresarial considerado	Objetivos de la arquitectura/ <i>Framework</i> propuesto	Elementos principales que se consideran	Herramienta de apoyo al modelado	Desarrollo de aplicación final
Anaya y Ortiz (2005)	Empresas en general	CIMOSA/TOGAF/Zachman	Presentar una arquitectura empresarial simplificada para establecer el cómo las arquitecturas soportan la integración.	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo de empresa. - Modelo de sistema. - Modelo de tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> - BPMN - UEML 	Ejemplo teórico
Cuenca et al. (2006)	Empresas en general	CIMOSA	A partir de modelos tipo DFD o UML, construir modelos parciales de CIMOSA.	<ul style="list-style-type: none"> - Funciones. - Eventos - Relaciones de dominio. - Informaciones - Recursos - Organizaciones 	<ul style="list-style-type: none"> - DFD - UML 	Ejemplo práctico en el sector aeronáutico
Choi et al. (2005)	Redes de suministro	No especifica	Proponer un <i>Framework</i> para la consecución de modelos de referencia que capturen las diferentes perspectivas que se pueden tener en entornos colaborativos de diseño de cadenas.	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo de referencia de procesos. - Modelo de referencia de servicios. - Modelo de referencia de tecnologías y estándares. 	<ul style="list-style-type: none"> - UML 	No especifica
Choi et al. (2008)	Empresa virtual	Zachaman/ FEAF	Proponer un <i>Framework</i> que ayude a identificar las incompatibilidades entre empresas de modos de	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos de negocio. - Aplicaciones software. - Tecnologías 	<ul style="list-style-type: none"> - DFD - UML 	No especifica

Autor	Entorno	<i>Framework</i> de arquitectura empresarial considerado	Objetivos de la arquitectura/ <i>Framework</i> propuesto	Elementos principales que se consideran	Herramienta de apoyo al modelado	Desarrollo de aplicación final
			fortalecer la colaboración entre estas.			
Danilovic y Winroth (2005)	Red de suministro	No especifica	Identificar las barreras y desarrollar un <i>Framework</i> analítico que soporte la colaboración interorganizacional en redes de suministro.	<ul style="list-style-type: none"> - Ámbito de la integración. - Alcance de la integración. - Tiempo de integración. - Intensidad de la integración. 	- No especifica	Aplicación a: <ul style="list-style-type: none"> - Grupo PC/FAX - Programa de desarrollo nacional - NISAM
Gruat y La Forme (2007)	Red de suministro	No especifica	Proponer un <i>Framework</i> que caracterice la colaboración en redes de suministro identificación los patrones de intercambio de información entre los <i>partners</i> y el potencial que este intercambio genera para mejorar los proceso colaborativos.	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos de negocio. - Estructura de la colaboración. - Madures de las relaciones colaborativas. - Medición de resultados 	- UML	Caso de estudio en el sector industrial
Kim et al. (2006)	Entornos WEB	No especifica	Proponer una arquitectura basada en ambiente <i>Web</i> para proporcionar una flexibilidad mayor en la interoperabilidad y	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de procesos. - Planes de negocio. - Operaciones de montaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - JAVA - XML 	No especifica

Autor	Entorno	<i>Framework</i> de arquitectura empresarial considerado	Objetivos de la arquitectura/ <i>Framework</i> propuesto	Elementos principales que se consideran	Herramienta de apoyo al modelado	Desarrollo de aplicación final
			adaptación en los entornos de trabajo entre las diferentes unidades colaborativas.			
Ku et al. (2007)	Empresa virtual	No especifica	Proponer un <i>Framework</i> para redes virtuales que apoye el análisis y diseño de procesos logísticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Ontología empresarial. - Colaboración en las operaciones. - Procesos. - Relaciones funcionales. - Estructura de redes virtuales 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagramas de ciclo de vida - Diagramas de procesos. - UML 	Sector de la fundición
Lee et al. (2009)	Empresas en general	No especifica	Diseñar una arquitectura para el desarrollo de ontologías que den soporte a la colaboración entre empresas.	<ul style="list-style-type: none"> - Capa sintáctica. - Capa de dominio. - Capa constructiva. - Capa evolutiva. - Capa teórica 	- No especifica	Aplicación a caso genérico del sector e-commerce
Liu et al. (2005)	Cadena de suministro	No especifica	Establecer una arquitectura de sistemas en base a <i>workflows</i> para definir y controlar la ejecución de los procesos de negocio de las empresas	<ul style="list-style-type: none"> - Externalización. - Inventarios. - Ventas. - Planificación de la producción. - Servicio al cliente 	<ul style="list-style-type: none"> - WorkFlow - Agentes - XML 	Caso aplicado al e-commerce
Noran (2003)	Empresas en general	Zachman/GERAM	Analizar el <i>Framework Zachman</i> desde las perspectiva de GERAM	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclo de vida. - <i>Frameworks</i> de modelado. - Lenguajes de modelado. 	<ul style="list-style-type: none"> - UML - IDEFx 	No especifica

Autor	Entorno	<i>Framework</i> de arquitectura empresarial considerado	Objetivos de la arquitectura/ <i>Framework</i> propuesto	Elementos principales que se consideran	Herramienta de apoyo al modelado	Desarrollo de aplicación final
				<ul style="list-style-type: none"> - Metodologías. - Modelos de referencia. 		
Ortiz et al. (1999)	Empresas en general	CIMOSA/PERA	Proponer una metodología para soportar la integración empresarial en función de los procesos de negocio de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> - Visión. - Procesos. - Tecnologías. - Personas. - Herramientas - Arquitecturas - metodologías 	- No específica	No específica
Peristeras y Tarabanis (2000)	Empresas en general	No específica	Desarrollo de una arquitectura empresarial orientada a dar soporte a los procesos de la administración pública.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de información. - Roles humanos. - Organización 	- No específica	No específica
Rodriguez y Al-Ashaab (2005)	Empresas en general	CIMOSA	Proponer una arquitectura empresarial que soporte la gestión del conocimiento basado en sistemas <i>Web</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de información. - Herramientas de comunicación. - Herramientas de gestión empresas virtuales. - Modelo de productos. - Aplicaciones de ingeniería. - Representación del conocimiento. 	- WEB	Aplicación real al sector del plástico

Autor	Entorno	<i>Framework</i> de arquitectura empresarial considerado	Objetivos de la arquitectura/ <i>Framework</i> propuesto	Elementos principales que se consideran	Herramienta de apoyo al modelado	Desarrollo de aplicación final
				<ul style="list-style-type: none"> - Herramientas de gestión. 		
Romero et al. (2008)	Empresas en general	No especifica	Presentar una metodología de modelado empresarial para soportar el diseño de sistemas empresariales colaborativos, así como para mejorar los ya existentes.	<ul style="list-style-type: none"> - Niveles temporales. - Ciclo de vida. - Estructura de productos. - Sistemas de gestión. - Sistemas tecnológicos. - Sistemas de información. 	- IDEF0	Aplicación al sector cerámico
Spekman y Carraway (2006)	Redes de suministro	No especifica	Proponer un <i>Framework</i> empresarial que permita las transformación de un entorno tradicional cliente-compradora a un entorno colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías. - Procesos. - Personas. - Información. - Estructura. - Resultados. 	- No especifica	No especifica
Ulieru et al. (2000)	Redes de suministro	No especifica	Proponer una arquitectura para soporta la multi-resolución de problemas de manera colaborativa en entornos globales de fabricación tipo WEB.	<ul style="list-style-type: none"> - Formalismos. - Instancias. - Integración. - Especialización. - Adaptación. - Comunicación. - Gestión. - Coordinación. 	- Agentes	No especifica
Vela et al. (2007)	Redes de suministro	No especifica	Proponer una arquitectura que de cuenta de los aspectos necesarios a tener en cuenta para las actividades de control	<ul style="list-style-type: none"> - Usuarios. - Roles. - Permisos. - Operaciones. 	- UML	Aplicaciones a líneas de montaje.

Autor	Entorno	<i>Framework</i> de arquitectura empresarial considerado	Objetivos de la arquitectura/ <i>Framework</i> propuesto	Elementos principales que se consideran	Herramienta de apoyo al modelado	Desarrollo de aplicación final
			en los entornos empresariales.			
Vries y Rensburg (2008)	Empresas en general	Zachman	Establecer vínculos entre las arquitecturas empresariales y los cuadros de mando integral.	<ul style="list-style-type: none"> - Negocio. - Tecnología. - Información. - Datos. - Aplicaciones. - Tecnologías. 	- No específica	Sector financiero

A partir de la Tabla 3, se observa que la mayoría de los autores (47%) considera un planteamiento general para definir las arquitecturas o *Frameworks* empresariales. Mientras que un 37% se centra en una aplicación orientada a cadenas de suministro. Por otra parte, respecto a la consideración de un *Framework* empresarial, se puede decir que en general los autores, la mayoría tiende a crear, o generar, sus arquitecturas sin utilizar un *Framework* base, y en cambio se centran en identificar los elementos principales relacionados con su representación conceptual. De todos modos, a partir del estudio, se ha visto que los *Frameworks* empresariales más considerados son CIMOSA y Zachman, siendo este último el de más aceptabilidad en el mundo empresarial con un 21% para ambos casos. Finalmente se puede decir que existe una tendencia clara por establecer procesos colaborativos mediante la definición de capas y la identificación de las informaciones más relevantes a intercambiar.

3.3 PERSPECTIVA CONCEPTUAL DEL MODELADO DE PROCESOS COLABORATIVOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

3.3.1 MODELADO CONCEPTUAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

En el caso de la aplicación del modelado conceptual para apoyar los procesos de la cadena de suministro, se ha visto que la utilización de este tipo de modelos ha resultado ser una técnica que, desde un punto de vista de la transmisión de una idea o representación de ésta, facilita la elaboración de una estructura coherente para apoyar la visualización y el entendimiento de un proceso dado. En este sentido, bajo el contexto de cadena de suministro, **Vidal y Goetschalckx (1997)** establecen que el diseño de un modelo de cadena de suministro, resulta estrictamente necesario presentar de manera agregada tanto a los proveedores como a los clientes y a los fabricante en sus zonas respectivas para facilitar su representación, entendimiento y análisis posterior. De igual manera, **Tang et al. (2001)** proponen un modelo conceptual para representar las interacciones que existen entre los compradores y los proveedores respecto al intercambio de información que puede ocurrir en un entorno de tipo comercio electrónico. Como componentes principales del modelo se consideran el comprador, el proveedor y el proveedor de servicios de información. Adicionalmente, **Tang et al. (2001)** proponen que para apoyar la definición de los elementos que conforman el modelo conceptual de una cadena de suministro es necesario el establecimiento del rol de cada componente. Los roles que generalmente deben considerarse son los proveedores de materias primas, productores de

materias primas, fabricantes de piezas y componentes, ensambladores, distribuidores, detallistas y clientes finales.

Además, resultará importante tener en cuenta tanto el sentido en el que fluye la información como la estructura de la cadena de suministro que se quiere modelar. En este contexto, **Webster (2002)** considera un modelo piramidal para la representación de la cadena de suministro. La estructura de este sistema se considera como un factor crítico, ya que influye en el comportamiento tanto del sistema como de los nodos que la conforman. A su vez, este modelo establece que el diseño de la arquitectura de un sistema (desde una perspectiva conceptual) considera la idoneidad de las empresas individuales en su conjunto así como los vínculos entre éstas. Por lo que, las variables a tener en cuenta para la representación conceptual del sistema serán: el nivel de inventario, la información, las relaciones y la tecnología, esto debido a que son las que mayor influencia tendrán en el comportamiento del sistema. Así, por ejemplo, en el caso específico del estudio de la flexibilidad de la cadena de suministro, **Duclos et al. (2003)** presentan una clasificación de esquemas y topologías para realizar un análisis teórico de la flexibilidad en cadenas de suministro. También, señalan que la mayoría de los estudios existentes en la literatura científica presentan una perspectiva intra-organizacional. Pero como los entornos de cadenas de suministro tratan aspectos que van más allá de las propias empresas, las estrategias de flexibilidad de los procesos deben cubrir aspectos que también vayan más allá de los requerimientos de la propia empresa. Así, desde un punto de vista conceptual, para apoyar los procesos de flexibilidad en la cadena de suministro, se han de considerar elementos como: los sistemas de operaciones flexibles, que implica aquellos orientados a generar reacciones de forma oportuna frente a los posibles imprevistos del entorno, la flexibilidad del mercado, que facilita la creación de buenas relaciones con los clientes, la flexibilidad en la logística, que permite enviar y recibir los productos a un coste que satisfaga las necesidades tanto del cliente como del proveedor, la flexibilidad en el aprovisionamiento para apoyar la reconfiguración de la cadena de suministro, la flexibilidad de las organizaciones para ayudar a la consecución de los requerimientos del cliente según los factores de demanda o de servicios, y finalmente, la flexibilidad en los sistemas de información, bajo lo cual resulta posible generar la compatibilidad entre los sistemas al momento de realizar los intercambios de información con el objetivo de responder mejor a los cambios en la demanda del cliente.

Otra perspectiva conceptual de una cadena de suministro la proporcionan **Roy et al. (2004)**. Los autores desarrollan un modelo conceptual tipo cliente-comprador para identificar las relaciones aguas arriba entre estos dos nodos de la cadena de suministro. De esta manera, los autores indican que para la generación de dichas relaciones, en una situación del tipo aguas arriba, las interacciones entre el comprador y el vendedor podrán ser del tipo incremental así como radical, considerando para esto tanto los factores internos como externos. Así, los vínculos entre estos dos componentes de la cadena se deberán a una serie de factores que pueden ser agrupados en dos categorías. La primera se refiere a aquellos que son de tipo internos o diádicos, es decir que los vínculos en la intra-empresa implican una relación de tipo comprador-vendedor y que, además, pueden ser gestionados de forma bilateral a través de las actividades de gestión correspondientes a ambas partes. La segunda categoría se refiere a aquellos factores que son de tipo externos y que generalmente no están bajo el control de las partes que conforman la cadena de suministro como por ejemplo el conocimiento tácito que se genera a partir de la utilización de las tecnologías de información, la estabilidad en la demanda, y la conexiones que se produzcan en la cadena.

Por otra parte, **Cigolini et al. (2004)** desarrollan un modelo conceptual orientado a dar soporte a las estrategias de las cadenas de suministro que, mediante la generación de pruebas empíricas para validar su planteamiento, proporciona una herramienta para definir y representar las estrategias de la cadena de suministro. Así, las consideraciones conceptuales básicas sugieren que para la definición de las estrategias en la cadena de suministro se han de definir fases relacionadas con el ciclo de vida de los productos finales. Posteriormente, se ha de considerar la estructura y la definición del tipo de cadena de suministro. Por lo tanto, este nuevo marco conceptual para el modelado de la cadena de suministro puede proporcionar soporte a los diferentes tipos de usuarios. Por ejemplo, puede resultar una herramienta de apoyo a la descripción y el análisis de las estrategias que existen en la cadena de suministro. Adicionalmente, este tipo de modelo conceptual dará soporte al diseño y la implementación de las nuevas estrategias en la cadena de suministro, por ejemplo en cuanto a las características de la demanda y el aprovisionamiento de materiales. Por otro lado, desde un punto de vista de la integración de los patrones en una cadena de suministro, **Yusuf et al. (2004)** proponen un modelo conceptual que contempla las prácticas competitivas para el desarrollo de los procesos de fabricación y los procesos de negocio. Además, realizan una exploración de los patrones de competitividad y comportamiento en la cadena de suministro. En este contexto, se consideran cuatro dimensiones para el

desarrollo del modelo conceptual como son: el valor práctico de la cadena de suministro, la competitividad de los objetivos, el impacto debido a los cambios en la gestión y el desarrollo del negocio.

Así, desde el punto de la colaboración en la cadena de suministro, y según lo planteado por **Gunneson (1997)**, son tres los patrones dominantes en una cadena de suministro. En primer lugar, se identifican las alianzas tradicionales que, desde el punto de vista de los intereses de la empresa, resultan en una práctica dominante y se considera como estrategia para conseguir una difusión global y favorecer la entrada en el mercado. En segundo lugar, se encuentra el concepto cadena de suministro tipo *lean* (o ajustado) para el establecimiento de alianzas entre los nodos de la cadena. El tercer concepto a tener en cuenta es el de agilidad de la cadena de suministro, debido a que tiene un impacto relevante en la competitividad. Esto debe favorecer el movimiento de los recursos globales según la evolución de las tecnologías y los materiales así como de las expectativas del mercado y los clientes. En este sentido, **Sanchez y Pérez (2005)** consideran que la flexibilidad en las redes de suministro, desde un punto de vista conceptual, considera dos aspectos importantes: la flexibilidad en los procesos de cada empresa de la cadena de suministro y la flexibilidad en la logística. Seguidamente, **Viera y Junior (2005)** presentan el desarrollo de modelos conceptuales para ser utilizados en ciertos proyectos de simulación de cadenas de suministro. Conceptualmente, el modelo de cadena de suministro está compuesto por cuatro elementos: proveedor, fabricante, detallista y cliente. Y considera como factores relevantes: el tiempo de ciclo entre el detallista y el fabricante, las variaciones en los niveles de producción o las solicitudes por parte del proveedor y las variaciones en el nivel promedio total de la cadena de suministro.

Otro ejemplo de modelo conceptual, en el contexto de cadenas de suministro, lo proporcionan **Seth et al. (2006)**. Los autores indican que para establecer un modelo conceptual sobre la calidad del servicio se deben establecer relaciones entre los siguientes componentes de una cadena de suministro: proveedor, proveedor logístico, empresa principal, distribuidor y cliente. Así, de manera adicional, **Gunasekaran y Ngai (2003)** plantean un marco de trabajo para una cadena de suministro. Este marco de trabajo según la logística del entorno, tiene en cuenta aspectos como: la logística de usuario y la logística de servicio al cliente. Así mismo, **Khadivar et al. (2007)** consideran el flujo de conocimiento en la empresa como un elemento más relevante, incluso que el flujo de materiales y el flujo de información, y se propone un modelo conceptual que considera el flujo de conocimiento en

la cadena de suministro con el objetivo de favorecer la creación de valor en la cadena. Los autores, por su parte, señalan que dada la alta competencia a la que se ven sometidas las cadenas de suministro, la necesidad de capturar el conocimiento y utilizarlo para ser más competitivos es alta. Por lo tanto, en el entorno de cadena de suministro, diferentes nodos pueden actuar de manera conjunta en el momento de crear el conocimiento. Esto por medio del intercambio y utilización del conocimiento entre las organizaciones o, más comúnmente, denominado “la externalización del conocimiento”. Finalmente, **Wang y Fergusson (2007)** diseñan un modelo conceptual para la pequeña y mediana empresa orientado a soportar los procesos estratégicos de toma de decisiones. De acuerdo con esto, el modelo propuesto integra elementos estratégicos referidos al proceso de toma de decisiones. Estos elementos consideran dos actividades o funcionalidades: la recolección y la aplicación del conocimiento estratégico para que se adapte a las operaciones de la pequeña y mediana empresa situada en la cadena de suministro. De forma adicional, estas dos funcionalidades estarán soportadas por las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

De esta forma, uno de los procesos relevantes en la gestión de la cadena de suministro que se ve afectado por un proceso de modelado conceptual es el de planificación. Esto se debe, principalmente, a que la definición de los procesos de planificación en la cadena de suministro implica la definición de todos los conceptos, los elementos y las relaciones que implican las informaciones y las decisiones de cada nodo de la cadena de suministro. Por lo tanto, el proceso de planificación en los diferentes niveles de decisión implica una fase de definición previa de aquellos elementos que apoyan la planificación, como por ejemplo las informaciones, los recursos y las capacidades. En este sentido, el siguiente sub-apartado presenta un estudio breve respecto a la información y elementos relevantes que se tienen en cuenta para apoyar los procesos de planificación en la cadena de suministro bajo una perspectiva conceptual y colaborativa.

3.3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL MODELADO CONCEPTUAL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Este apartado tiene por objetivo presentar resultados respecto al análisis de las referencias estudiadas que se enmarcan en el contexto de la cadena de suministro. Se consideran una serie de dimensiones que, de manera estratégica, enmarcan y recolectan los aspectos y elementos relevantes para el desarrollo de la propuesta de arquitectura que se presenta en el Capítulo 5. Estos elementos, o dimensiones, de estudio abarcan temáticas tales como: la topología de la cadena (para esto se ha

tomado como base las topologías definidas en el Capítulo 2 como apoyo a lo establecido por **Huang *et al.* (2003)**), los nodos que se consideran, el tipo de orientación colaborativa, los niveles de decisión y los objetivos asociados a cada modelo. En este contexto, un primer análisis se presenta en la Tabla 4. Esta Tabla presenta la totalidad de autores (29 autores) que, bajo un marco de modelado conceptual, consideran cadenas de suministro en sus estudios.

Tabla 4. Nodos de la cadena de suministro considerados en el modelado conceptual.

	ALMACEN	CLIENTE	Cliente de 2do nivel	CONSUMIDOR	DISTRIBUCION	DETALLISTA	FABRICANTE	PROVEEDOR 1er nivel	Proveedore 2do nivel	VENDEDOR	TRANSPORTE
Androulakis y Reklaitis (1999)		X					X				
Caputo et al., 2003	X	X						X	X		X
Cooper et al. (1997)	X	X		X	X			X	X		
Cooper y Ellram (1993)											
Cousins (2002)		X						X			
Chen (2002)		X				X	X				
Choi y Hong (2002)							X	X	X		
Christopher (1998)		X					X	X			
de Kok y Fransoo (2002)	X	X			X		X	X		X	X
Dudek y Stadtler (2005)				X				X			
Erengüç et al. (1999)					X		X	X			
Ertogral y Wu (2000)							X				
Frayret et al. (2005)					X	X	X				
Kouvelis y Gutiérrez (1997)		X					X				
La Londe y Masters (1994)				X						X	
Lagoudis et al. (2002)		X			X		X				X
Lamming et al. (2005)				X				X			
Lin y Chen (2007)		X			X		X	X			
Mentzer et al. (2001)		X	X					X	X	X	
Nishi et al. (2005)		X					X	X			
Nonino y Panizzolo (2007)		X					X	X		X	X
Peck (1998)		X						X			
Fung y Chen (2005)		X			X	X	X	X			X
Rohde et al. (2000)		X			X		X	X			
Sarmiento y Nagi (1999)					X		X				
Tang et al. (2001)		X						X			
De Toni y Zamolo (2005)						X		X		X	
Vidal y Goetschalckx (1997)		X						X			
Yusuf et al. (2004)		X					X				
	10%	66%	3%	14%	31%	14%	59%	66%	14%	17%	17%

De la Tabla 4 se observa que la mayor cantidad de nodos considerados son los relacionados con el cliente y el proveedor, ambos con un 66%. En este caso, se ha podido detectar que la mayoría de los ejemplos consideran cadenas de suministro de tipo diádicas, en donde se representa la interacción entre dos nodos genéricos como son los clientes y los proveedores. Posteriormente, y de forma natural según el contexto de esta Tesis, el nodo tipo fabricante es el que ocupa la segunda posición en cuanto a la consideración en el modelado conceptual de cadenas de suministro. Por lo general, el fabricante y el cliente suelen ser puntos neurálgicos de estudio. Esto debido a que, por una parte, el cliente genera las demandas de los productos correspondientes y, por otra parte, es el fabricante el que debe realizar los procesos de planificación adecuados para satisfacer la demanda del cliente o, también, apoyar en la elaboración y el envío de sus productos a tiempo a los almacenes o centros de distribución para que éstos, de igual manera, puedan satisfacer la demanda del cliente final. Los siguientes nodos considerados por los autores son los asociados con la distribución y el transporte (31% y 17%, respectivamente). Estos nodos, si bien son relevantes para favorecer los flujos de productos entre los nodos (por ejemplo los clientes y los proveedores), se observa que no son mayormente considerados (de modo conceptual) para la elaboración de modelos conceptuales, sino que se estudian por lo general de forma separada en problemáticas de tipo logístico.

A continuación, la Tabla 5 presenta los aspectos principales detectados en las propuestas de modelado empresarial y conceptual en cadenas de suministro. Muchos de estos aspectos se tendrán en cuenta tanto en las propuestas de modelado conceptual, así como en la propuesta de arquitectura de la presente Tesis (ver capítulo 5). Esta tabla considera nueve dimensiones de estudio, las que se resumen a continuación:

- **Ámbito o sector.** Identifica si los autores, para efectos de su propuesta de modelado, especifican la aplicación a un sector específico.
- **Elementos conceptuales.** Desde una perspectiva conceptual, se presentan los elementos que apoyan la colaboración en la cadena de suministro.
- **Metodología.** Establece si los autores establecen de forma explícita una metodología para el modelado conceptual de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

- **Modelo de referencia.** Establece si los autores definen de forma explícita un modelo conceptual de referencia para el modelado conceptual de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.
- **Tipo de modelado.** Presenta la aplicabilidad del modelado conceptual (simulación, matemático, etc.).
- **Herramienta de modelado.** Identifica las herramientas de modelado que los autores utilizan.
- **Tipo lenguaje de modelado.** Según lo establecido por **Hernández *et al.* (2008)**, se identifica si la orientación del lenguaje utilizado es de tipo formal, semi-formal o formal.
- **Arquitectura.** Establece si los autores definen de forma explícita una arquitectura para el modelado conceptual de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Tabla 5. Elementos conceptuales para modelado conceptual de cadena de suministro colaborativas.

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
Androulakis y Reklaitis (1999)	Procesos operacionales distribuidos en el sector químico. Una perspectiva descentralizada	- Intercambio de información sincronizada	Sí	No	- Analítico - Conceptual	No especifica	Semi-formal	No
Bolloju y Leung (2006)	No	- Sintáxis - Semántica - Pragmática	No	no	- Conceptual	No especifica	UML formal	No
Bonner y Kifer (1998)	No	- Semántica - Intercambio de información	Sí	No	- Conceptual	Prolog	Semi-formal	No
Caputo et al., 2003	Logística y transporte	- Flujo de productos - Flujo de información - Interfaz - Transporte	No	No	- Simulación - Conceptual	Arena C++	Formal	Sí
Cigolini et al. (2004)	Cadenas de suministro del sector: - Automóvil	- Demanda interna y externa de suministros - Ciclo de vida de los productos	Sí	No	- Conceptual - Descriptivo	No especifica	Semi-formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
	<ul style="list-style-type: none"> - Alimenticio - Línea blanca - Farmacéutica - Ordenadores - Libros 	<ul style="list-style-type: none"> finales 						
Cooper et al. (1997)	Logística	<ul style="list-style-type: none"> - Flujos de información - Procesos de negocio - Componentes de gestión - Estructura de la cadena 	Sí	Sí	- conceptual	No especifica	Semi-formal	Sí
Cooper y Ellram (1993)	Estrategia de pedidos y logística	<ul style="list-style-type: none"> - Costes - Horizonte de planificación - Gestión de inventarios - Intercambio de información - Monitoreo de 	No	No	<ul style="list-style-type: none"> - Conceptual - narrativo 	No especifica	No Especifica	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		información - Coordinación a multinivel - Definición de planes conjuntos						
Cousins (2002)	Sector privado Sector público	- Estructura organizacional - Cartera de relaciones - Costes - Habilidades y competencias - Medidas de rendimiento	No	No	- Conceptual	No Especifica	Semi-formal	No
Chen (2002)	No especifica	- Intercambio de información -	No	No	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No
Choi y Hong (2002)	Sector del automóvil	- Formalización - Centralización - Complejidad - Formato de	No	Sí	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		entrevistas						
Christopher (1999)	Estrategias de logística y de negocio en la red des suministro	- Clientes - Transacciones	No	No	- Descriptivo	Tecnologías de la información	No Especifica	No
Moody (2005)	No especifica	Calidad de los flujos de información y de los elementos conceptuales	Sí	No	- Conceptual	Tecnologías de la información	Formal	Sí
de Kok y Fransoo (2002)	No especifica	Actividades de fabricación, transporte, planificación y transformación física. Relación entre actividades y planificación del transporte	No	No	- Conceptual - Analítico	C-Plex	Semi-formal formal	No
Duclos et al. 2003	No especifica	-Información -Aprovisionamiento -Logística -Organización -Operaciones	No	Sí	- Conceptual	No especifica	Semi-fomal	No
Dudek y Stadtler (2005)		-Aprovisionamiento	Sí	Sí	- Analítico	Visual Basic	Formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		-Producción -Distribución -Ventas				ILOG CPLEX 7.0		
Erengüç et al. (1999)	Fabricantes de partes y piezas	-Materiales -Aprovisionamiento de materiales -Procesos de transformación -Inventario -Asignación -Red de distribución	No	Sí	- Analítico	No específica	Formal	No
Ertogral y Wu (2000)	No Especifica	-Niveles de producción	No	No	- Conceptual - Analítico	No Especifica	Formal Semi-Formal	No
Evermann y Wand (2005)	No específica	-Análisis del sistema -Diseño del sistema	No	No	- Conceptual - Objetos	UML	Formal	No
Frayret et al. (2005)-7	Industria forestal	-Planificación -Envíos -Coordinación	No	No	- Conceptual	Microsoft.Net ILOG CPLEX	Formal Semi-formal	Sí

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
Gruninger y Lee (2002)	Sitios web	-Ontologías -comunicación -Inferencia computacional -Reutilización de conocimiento	No	No	- Narrativo	UML	Semi-formal	No
Gunasekaran y Ngai (2003)	Sector logístico	-Planificación estratégica -Gestión de inventarios -Transporte -Planificación de la capacidad -Tecnologías de la información	No	No	- Conceptual	SQL ERP genérico EDI Sistemas WEB	Semi-formal	No
Han y Do (2006)	Sector productivo ensamble de piezas	-Procesos -Participantes -Colaboración -Proyectos -Productos -costes	No	Sí	- Conceptual	UML Objetos	Formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
Hernández et al. (2006)	No especifica	-Flujo de producto -Flujo de Información -Flujo de decisión -documentos	Sí	Sí	- Conceptual	iGrafx 2006 Dgrai Tools 3.0 UML	Formal Semi-formal	No
Holsapple y Joshi (2002)	-E-Commerce -Empresa virtual	-Inspiración -Inducción -Deducción -Síntesis -Colaboración	Sí	No	- Narrativo	No especifica	Semi-formal	No
Khadivar et al. (2007)	No Especifica	-Niveles de conocimiento -Conocimiento tácito -Conocimiento explícito -Coordinación -Control -Medición -Adquisición -Selección	No	No	- Conceptual	No Especifica	Formal Semi-formal	Sí

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		-Generación -Internalización -Externalización -Competencias						
Kouvelis y Gutierrez (1997)	No Especifica	-Niveles de stock -Demanda	No	Sí	- Analítico	No Especifica	Formal	No
La Londe y Masters (1994)	Sector logístico	-Ventas -Aprovisionamiento -Ciclo de vida -Responsabilidades -Niveles de inventario -Riesgo y costes de riesgo -información y contenido	No	No	- Narrativo	No Especifica	Semi-formal	No
Lagoudis et al. (2002)	-Volvo, sector del automóvil. -Transporte de bananas. -Refinería de	- Transporte -Volumen de suministro -Tipo de producto -tiempo de tránsito	No	No	- Conceptual	No Especifica	Informal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
	petróleo							
Lamming et al. (2006)	No específica	-Relaciones -envío de productos o servicios	No	No	- Conceptual	No específica	Informal	No
Lin y Chen (2007)	Pantallas de cristal líquido.	-Demanda -Previsión de la demanda -Aprovisionamiento -Fabricación -Distribución -Coordinación	No	No	- Conceptual - analítico	LINGO 9.0	Formal Semi-formal	No
Lindland et al. (1994)	No específica	-Dominio -Modelo -Lenguaje -Interpretación	No	Sí	- Conceptual	No Especifica	Semi-Formal	No
Maier (2001)	No específica	-Gestión y modelado de datos. -Escenarios	No	No	- Conceptual	No específica	Semi-Formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		-diseño organizacional -Calidad del modelado de datos						
Medina-Mora et al. (1992)	No especifica	-Propuesta -Acuerdos -rendimiento -satisfacción -procesos de negocio	No	Sí	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No
Mentzer et al. (2001)	No especifica	-Red de suministro -Entorno global -Coordinación inter-corporativa -Coordinación inter-funcional Flujos de la red de suministro	No	Sí	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No
Narayanan et al. (1998)	No especifica	-Plataforma -aplicaciones	No	No	- Conceptual - simulación	C++	Formal Semi-formal	Sí
Nishi et al. (2005)	No Especifica	-Periodo de planificación	No	No	- Conceptual - analítico	C++ CPLEX ILOG	Formal Semi-formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		-tiempo de transporte -tiempo de suministro -Línea de fabricación -Coste de transacción -Capacidad de almacenamiento						
Nonino y Panizzolo (2007)	Sector logístico	-Personal -Planta -información -Tecnologías de la información -Transporte -costes	No	No	- Conceptual	No específica	Semi-formal	No
Noy y Hafner (1997)	No Especifica	-Diseño de procesos -Taxonomía -Axiomas -Ontologías	No	Sí	- Conceptual	UML	Formal	No
Olive y Ravento's (2006)	No específica	-Lenguaje	Sí	No	- Conceptual	UML	Formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		-derivaciones -reglas -especialización -operaciones			- Objetos			
Park et al. (1997)	Montaje de partes y piezas	-Recursos -Procesos -Controles -Relaciones	Sí	No	- Conceptual - Objetos	UML	Formal	Sí
Peck (1998)	Industria cervecera	-Ventas -Compras -Logística -Operaciones	No	No	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No
Fung y Chen (2005)	No especifica	-Gestión de estrategias de inventario, fabricación, pedidos y transporte	No	No	- Conceptual - analítico	No especifica	Formal Semi-formal	Sí
Rohde et al. (2000)	No especifica	-Estrategia red de suministro -Planificador red de suministro	No	Sí	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		-Planificador del fabricante -Programador -Gestionador de transporte -Programador de envíos -Planificado de la demanda						
Roshannejad y Eberlein (2001)	Telecomunicaciones	-Objeto -Instancia -Atributo	No	Sí	- Conceptual - Objeto	TELOS	Formal	No
Roy et al. (2004)	No especifica	-Tecnologías de la información -Acuerdos -Demanda -conexiones en red	No	No	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	Sí
Sánchez y Pérez (2005)	Sector del automóvil	-Incertidumbre del entorno -Interdependencia -complejidad	Sí	No	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		tecnológica -Flexibilidad de la red de suministro						
Sarmiento y Nagi (1999)	No especifica	-Demanda -Transporte -Ruta -Ubicaciones	No	Sí	- Conceptual	No Especifica	Semi-formal	No
Seth et al. (2006)	No especifica	-Interfaz -Usuarios de logística -Proveedores de servicios logísticos -proveedores -Empresa objetivo -Cliente	No	No	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No
Tang et al. (2001)	Comercio electrónico	- Flujos de información -flujos de productos y servicio	No	No	- Conceptual	No especifica	Semi-formal	No
De Toni y Zamolo (2005)	Sector eléctrico	-Previsión de ventas -Previsión de requerimientos de	No	No	- Conceptual	No especifica	Formal Semi-formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		capacidades -Planificación maestra -Aprovisionamiento						
Uschold y Gruninger (1996)	No específica	-comunicación -Interoperabilidad -Ingeniería de sistemas	Sí	No	- Conceptual	KSL ontology server	Semi-formal	Sí
Vidal y Goetschalckx (1997)	No específica	-tipos de centros de fabricación y almacenamiento -canales de transporte -tipos de productos	No	No	- Conceptual	No específica	Semi-formal	No
Viera y Junior (2005)	No específica	-Flujo de materiales -Flujo de información	No	Sí	- Conceptual - Simulación	Arena	Formal Semi-formal	No
Wand y Weber (2002)	No específica	-Método -gramática -Factores sociales -Diferencias individuales	No	No	- Conceptual	No específica	Semi-formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
Wang y Fergusson (2007)	Pequeña y mediana empresa en redes de suministro	-resumen de aplicaciones -conocimiento estratégico -Evaluación del conocimiento -Gestión de entradas y salidas de conocimiento	No	No	- Conceptual	No específica	Semi-formal	No
Webster (2002)	No específica	-Rendimiento -Gestión -Estructura -Relaciones entre productos -relación entre la variabilidad de la demanda y el nivel de inventario	No	No	- Conceptual	No específica	Semi-formal	No
Yusuf et al. (2004)	Agilidad en empresas manufactureras	-Integración de la red -Sensibilidad del consumidor -Agilidad en la red de suministro	No	Sí	- Conceptual	No específica	Semi-formal	No

Autores	Ámbito o sector	Elementos conceptuales	Metodología	Modelo de referencia	Tipo de modelado	Herramienta de modelado	Tipo lenguaje de modelado	Arquitectura
		-Procesos de integración -Integración virtual						

Adicionalmente, y a partir de las referencias consideradas para el soporte del modelado conceptual de los procesos de colaborativos en la cadena de suministro (Tabla 5), se presenta a continuación un análisis cuantitativo y cualitativo de aquellos aspectos relevantes para la consecución del modelo conceptual de referencia que apoye los procesos en cuestión.

- **Ámbito o sector.** Identifica la orientación de las actividades consideradas por los autores. Para el caso específico del presente estudio, los sectores detectados abarcan el siguiente espectro: químico (SQUIM), transporte y logístico (STRANS), automóvil (SAUTO), productivo (SPROD), internet (SINTER), alimenticio (SALIM), línea blanca (SLBLA), farmacéutico (SFARM), libros (SLIBR), privado (SPRIV), público (SPUBL), forestal (SFORE), cervecero (SCERV) y telecomunicaciones (STELE). La diferencia principal entre el sector del automóvil y el productivo, es que el primero se refiere a todo aquellos autores que orientan sus estudios al caso específico de este sector, mientras que el segundo se refiere a procesos productivos (como procesos de transformación, gestión de inventarios, etc.) en general. Desde el punto de vista del objetivo de este documento, el estudio se ha focalizado en STRANS, SAUTO, SPROD y SINTER, mientras que los otros sectores se han clasificado como “OTROS”. También, se ha detectado una serie de autores que no especifican el sector de una forma explícita, ya que tratan sus estudios o bien desde un punto de vista general o bien desde un punto de vista específico a un caso empírico. Así, la Figura 1 señala desde un punto de vista cuantitativo la distribución de porcentajes para el sector y/o ámbitos considerados por cada autor.

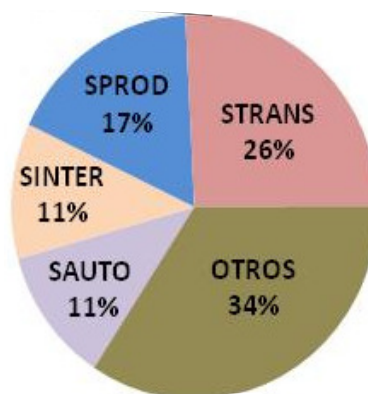


Figura 1. Sectores considerados.

De la Figura 1 se observa que más de la mitad de los autores definen o establecen un sector o ámbito (54%), de los cuales casi tres cuartos definen algunos de los sectores de interés de estudio desde un punto de vista del modelado conceptual, el 26% se orienta hacia STRANS, un 17% considera

SPROD, un 11% considera tanto SINTER y SAUTO, mientras que el resto de los autores bajo estudio (34%) consideran otro sector. En base a eso es posible decir que tanto el sector STRANS como SPROD son buenas fuentes de información para la construcción de la metodología a proponer ya que presentan un buen soporte científico en la literatura.

- **Elementos conceptuales:** Para la construcción del modelo de referencia conceptual, se identifican los elementos principales considerados por los autores en el desarrollo de sus trabajos conceptuales. El objetivo es detectar la mayor cantidad de elementos que, a posteriori, podrían servir como apoyo y orientación ya sea en el desarrollo de la metodología, así como en la construcción del posterior modelo conceptual de referencia. Los elementos conceptuales (cuya representación estratificada se observa en la Figura 2) son los siguientes: apoyo a la definición del lenguaje conceptual (ADLC), coordinación (COOR), flujo de decisión (FD), flujo de información (FI), financieros/económicos (FIEC), flujo de producto (FP), medición/rendimiento (MERE), nodos cadena de suministro (NRS), recursos (REC), transporte/distribución (TD) y tecnológicos (TECH).

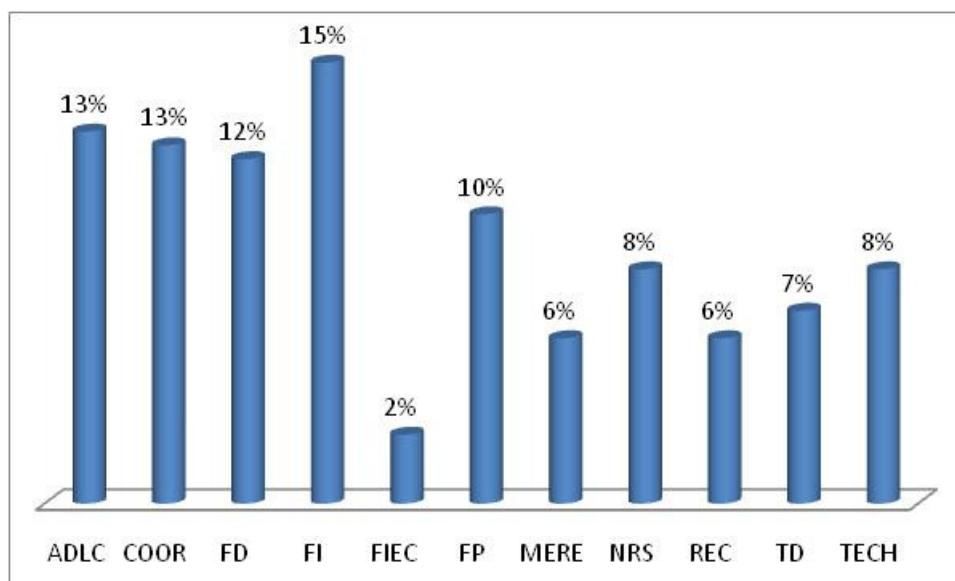


Figura 2. Elementos conceptuales.

Así, es posible observar de la Figura 2, que uno de los elementos mayormente considerados es el FI (15%), lo cual se interpreta como que el flujo de información resulta ser un factor clave considerado por los autores para representar las relaciones entre los elementos de esta índole (ver Tabla 6).

Tabla 6. Elementos FI.

FI		
Capacidad de almacenamiento	información y contenido	Previsión de requerimientos de capacidades
comunicación	Intercambio de información	Previsión de ventas
Demanda	Intercambio de información sincronizada	Reutilización de conocimiento
Demanda interna y externa de suministros	Monitoreo de información	Tiempo de tránsito
Flujo de información	Niveles de inventario	Transacciones
Incertidumbre del entorno	Niveles de producción	Volumen de suministro
Información	Previsión de la demanda	

Posteriormente, los elementos ADLC y COOR se encuentran en la segunda ubicación (13%) en cuanto a lo que se ha detectado de la documentación científica estudiada. Estos dos elementos resultan ser de vital importancia para el desarrollo de un modelo conceptual, producto de que para dicho desarrollo es necesario tener en cuenta la manera y el lenguaje de modelado (ver Tabla 7) a utilizar así como los elementos que soportarán las coordinaciones (ver Tabla 8) entre dichos elementos respectivos.

Tabla 7. Elementos ADLC.

ADLC		
Axiomas	Gramática	Objeto
Deducción	Inducción	Ontologías
Derivaciones	Inspiración	Pragmática
Diferencias individuales	Interpretación	Reglas
Dominio	Lenguaje	Semántica
Especialización	Método	Sintaxis
Factores sociales	Modelo	Síntesis
Formalización	Niveles de conocimiento	Taxonomía

Tabla 8. Elementos COOR.

COOR		
Acuerdos	Coordinación inter-funcional	Procesos de integración
Cartera de relaciones	Definición de planes conjuntos	Procesos de negocio
Centralización	Entorno global	procesos de negocio
Colaboración	Estrategia red de suministro	Relación entre actividades y planificación del transporte
Conexiones en red	Estructura de la cadena	Relaciones
Coordinación	Externalización	Relaciones entre productos
Coordinación a multinivel	Interdependencia	
Coordinación inter-corporativa	Internalización	

Seguidamente, con un 12% y 10%, los elementos FD (ver Tabla 9) y FP (ver Tabla 10), respectivamente, se sitúan como elementos importantes a tener en cuenta en el proceso de modelado conceptual. Esto resulta coherente con lo ya planteado por **Hernández *et al.* (2008)**, donde se comenta la importancia de los flujos de decisión y de productos como elementos conceptuales relevantes a tener en cuenta para apoyar los procesos de planificación de la producción. Dicha apreciación, después de la revisión bibliográfica sigue siendo válida.

Tabla 9. Elementos FD.

FD		
Acuerdos	Gestión	Planificación de la capacidad
Ciclo de vida	Gestión de entradas y salidas de conocimiento	Planificación maestra
Ciclo de vida de los productos finales	Gestión de estrategias de inventario, fabricación, pedidos y transporte	Planificación estratégica
Componentes de gestión	Gestión de inventarios	Responsabilidades
Conocimiento explícito	Gestión y modelado de datos.	Tiempo de suministro
Conocimiento tácito	Horizonte de planificación	Tiempo de transporte
Controles	Periodo de planificación	
Flujo de decisión	Planificación	

Tabla 10. Elementos FP.

FP		
Flujo de productos	Flujo de producto	Procesos
Actividades de fabricación y transformación	Flujos de productos y servicio	Procesos de transformación
Asignación	Inventario	Producción
Envío de productos o servicios	Línea de fabricación	Productos
Fabricación	Materiales	Tipo de producto
Flujo de materiales	Operaciones	

Posteriormente, de la Figura 2, se observa que un cuarto lugar lo abarcan de forma simultánea (8%) las temáticas de NRS (ver Tabla 11) y TECH (ver Tabla 12). Este hecho pone de manifiesto que así como para los procesos de planificación de la producción y el transporte en cadenas de suministro resulta importante la definición de aquellos elementos conceptuales que tengan en cuenta los nodos que componen la configuración de la cadena, también resulta importante tener en cuenta aquellos aspectos tecnológicos que, de una manera u otra, apoyan los flujos desde las perspectivas intra-empresa e inter-empresa.

Tabla 11. Elementos NRS.

NRS		
Aprovisionamiento	Distribución	Proveedores
Aprovisionamiento de materiales	Integración de la red	Red de suministro
Cliente	Planta	Ventas
Compras		

Tabla 12. Elementos TECH.

TECH		
Interfaz	Diseño del sistema	Interfaz
Análisis del sistema	Inferencia computacional	Interoperabilidad
Aplicaciones	Ingeniería de sistemas	Plataforma
Atributo	Instancia	Resumen de aplicaciones
Complejidad tecnológica	Integración virtual	Tecnologías de la información

Seguidamente, y en la misma línea del estudio de la literatura científica que considera el modelado conceptual como base, una penúltima categorización considerada por los autores es la relacionada con TD (7%), REC (6%) y MERE (6%). Esto es posible interpretarlo como que además de los procesos de transporte (ver Tabla 13) consideran el establecimiento de los recursos vinculados (ya sea de tipo humano como de algún otro tipo, ver Tabla 14), lo que se ve estrechamente ligado a la necesidad de establecer indicadores para favorecer la medición en cuanto a su comportamiento y rendimiento (ver Tabla 15).

Tabla 13. Elementos TD.

TD		
Canales de transporte	Logística	Ruta
Distribución	Proveedores de servicios logísticos	Transporte
Envíos	Red de distribución	

Tabla 14. Elementos REC.

REC		
Estructura organizacional	Personal	Programador
Gestionador de transporte	Planificado de la demanda	Programador de envíos
Organización	Planificador del fabricante	Recursos
Participantes	Planificador red de suministro	Usuarios de logística

Tabla 15. Elementos MERE.

MERE		
Calidad de los flujos de los flujos de información y de los elementos conceptuales	Medición	Riesgo y costes de riesgo
Calidad del modelado de datos	Medidas de rendimiento	Satisfacción
Control	Relación entre la variabilidad de la demanda y el nivel de inventario	Sensibilidad del consumidor
Evaluación del conocimiento	Rendimiento	

Finalmente, la menor cantidad de aspectos considerados es el de tipo Económico/financiero (ECFI en Tabla 16).

Tabla 16. Elementos FIEC.

FIEC
Costes
Coste de transacción

Posteriormente, se contemplan seis dimensiones que se interrelacionan desde el punto de vista específico del modelado conceptual. Así, estas seis dimensiones buscan detectar si los autores, en el contexto del modelado conceptual, consideran una metodología (ver Figura 3) o no, así como si contemplan o establecen un modelo de referencia (ver Figura 4), y qué tipo de modelado (ver Figura 5) consideran. Este tipo de modelado, según lo detectado en la literatura, abarca seis temáticas: conceptual (C), analítico (A), conceptual orientado a objetos (C-O), conceptual orientado a simulación (C-S), conceptual con soporte de modelos analíticos (C-A) y conceptual de tipo narrativo (C-N). Otro aspecto es el relacionado con la herramienta de modelado (ver Figura 6) que utilizan o plantean utilizar, el tipo de lenguaje (formal, semi-formal, informal, o una combinación de ellos, ver Figura 7) y, finalmente, si establecen una arquitectura (Figura 8) como apoyo al proceso de modelado conceptual, o si se obtiene una a partir de los estudios de los autores.

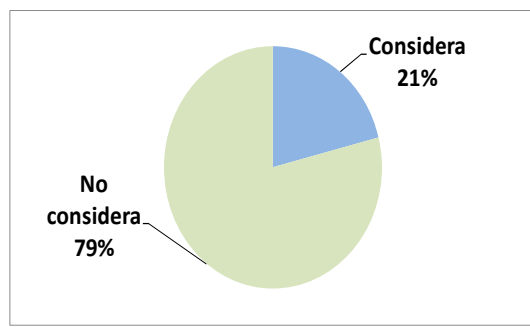


Figura 3. Metodología.

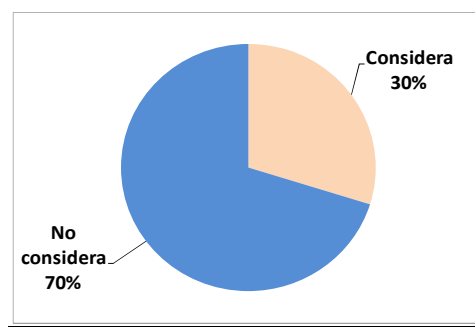


Figura 4. Modelo de referencia.

A partir de las Figuras 3 y 4 es posible prever que existe una cierta relación entre la consideración de una metodología y el modelo de referencia. Así es posible ver en ambas figuras que los porcentajes de consideración y no consideración de dichos aspectos presentan una cierta concordancia.

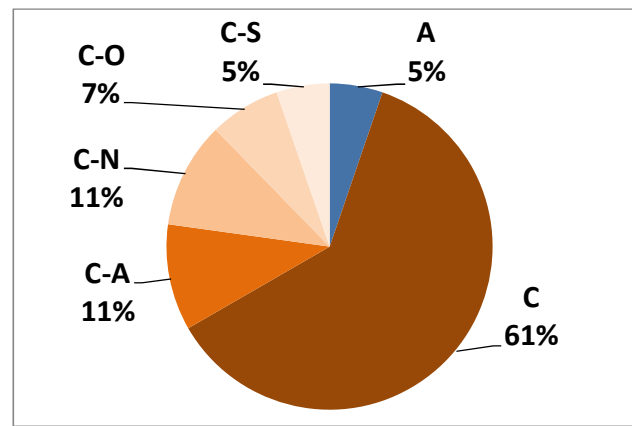


Figura 5. Tipo de modelado.

En relación con el tipo de modelado considerado por los autores, la Figura 5 presenta que el de tipo C es el mayoritariamente considerado. Esto no presenta novedad alguna, pues la búsqueda estaba orientada en este ámbito. Lo que sí es destacable, es que el modelado conceptual no solo se considera en su forma pura, sino que por el contrario, existen autores que combinan este tipo de modelado con otros que favorecen el entendimiento dinámico del sistema o entorno, ya sea la simulación o los modelos analíticos. Esto resulta ventajoso desde el punto de vista de favorecer la validación de las propuestas conceptuales establecidas y, por consiguiente, poder obtener las respuestas del sistema frente a cambios en la configuración de éste.

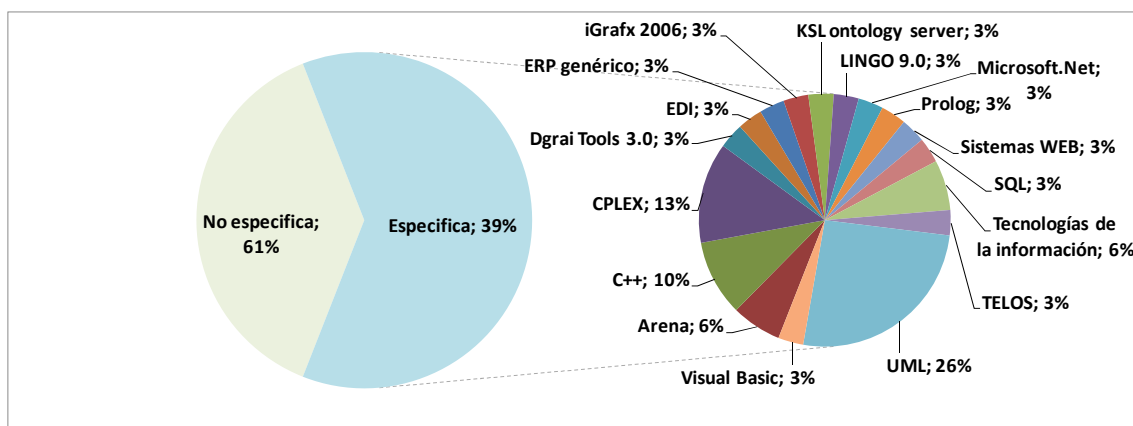


Figura 6. Herramienta de modelado.

En cuanto a las herramientas de modelado, no todos los autores establecen un tipo específico (61%), pero en cuanto a los que sí identifican alguna, se observa de la Figura 6 que la mayormente considerada por los autores es la conocida como lenguaje unificado de modelado o UML, siguiéndole las herramientas de apoyo a la formalización del modelo, tales

como los lenguajes de programación (C++), de simulación (Arena) y de modelado matemático (CPLEX).

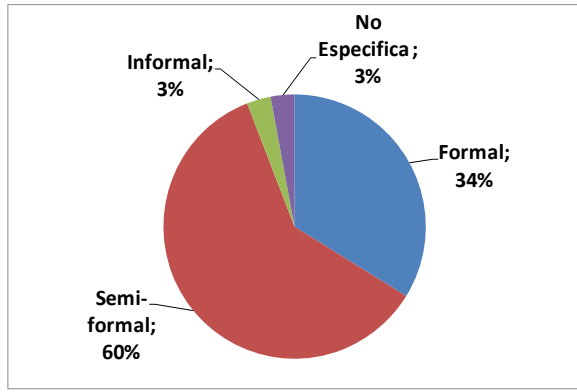


Figura 7. Tipo de lenguaje.

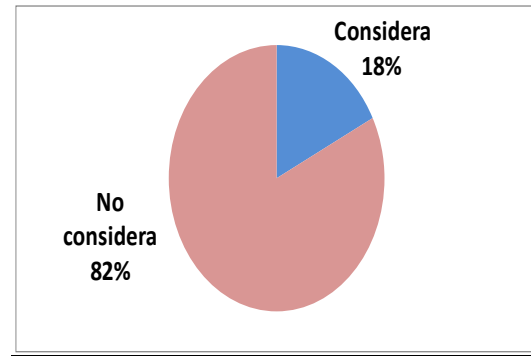


Figura 8. Arquitectura.

Posteriormente, de las Figuras 7 y 8 se desprende la idea de que en el modelado conceptual, dada su característica de recolectar y representar el entorno de una manera que sea comprensible para los usuarios del sistema, se observa que los autores en su mayoría consideran un lenguaje de tipo semi-formal (60%) y, por consiguiente, la consideración de una arquitectura es baja (18%). De esta manera, resulta interesante tener en cuenta que para la elaboración de un modelo conceptual, en este caso de referencia, la consideración de una arquitectura final no es del todo prioritaria en esta fase del modelado. Pero sin duda que, para apoyar la consecución de modelos más robustos, un modelo conceptual bajo una perspectiva semi-formal deberá ser suficiente para apoyar el correcto entendimiento del sistema o entorno.

También, resulta interesante ver cómo se relacionan, efectivamente, las dimensiones de metodología, arquitectura y tipo de modelado desde una perspectiva cuantitativa. La Tabla 17 presenta este hecho a nivel porcentual para visualizar mejor dichas interrelaciones.

Tabla 17. Relación de existencia de arquitecturas según la metodología y el tipo de modelado.

Metodología	Arquitectura	Tipo de modelado			
		Informal	Semi-formal	Formal	Formal+Semi-Formal
No	No	100%	58%	55%	73%
	Sí	0%	8%	36%	3%
Sí	No	0%	17%	9%	17%
	Sí	0%	17%	0%	7%

Además, de manera gráfica, la Tabla 16 se traduce en el gráfico presentado en la Figura 9. A partir de esta figura se observa que, para el caso de un modelado de tipo semi-formal, el establecimiento de una arquitectura se equipará con la no consideración de una arquitectura (17%).

Por otra parte, dado que no se ha considerado una metodología, la tendencia por considerar (o presentar) una arquitectura es mayor. Esto se puede atribuir a que la arquitectura se concibe (como se mencionó con anterioridad) una vez establecida la metodología. Por lo que en este caso, los resultados se presentan coherentes según la Figura 9.

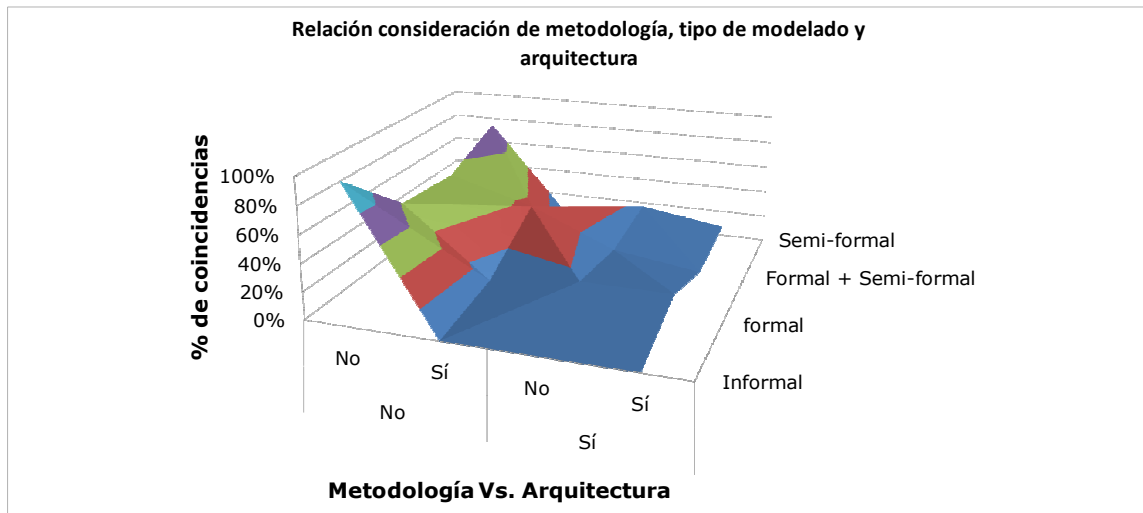


Figura 9. Relación de la existencia de arquitecturas según la metodología y el tipo de modelado..

Por consiguiente, resulta interesante visualizar qué tipo de planificación (centralizada o no centralizada), qué tipología de red así como cuántos nodos se están teniendo en cuenta para presentar los modelos conceptuales respectivos. La Figura 10 presenta estas tres perspectivas.

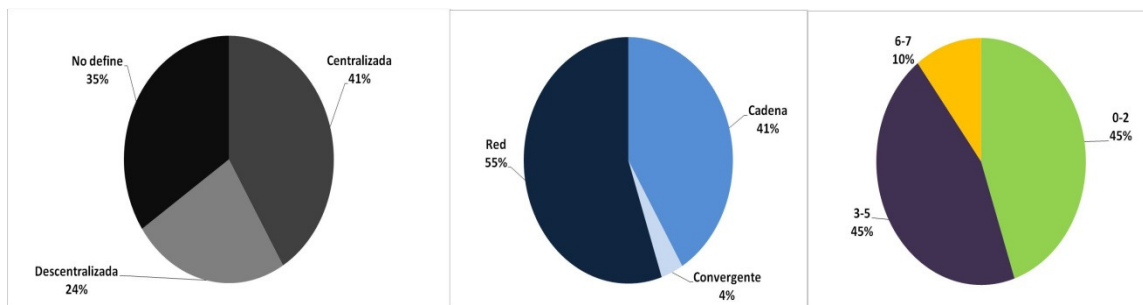


Figura 10. Orientación de la planificación, tipología de la cadena y número de nodos.

De la Figura 10, se identifica el hecho de que la mayoría de los autores consideran una perspectiva centralizada de la planificación (41%), pero no especifican claramente (desde el punto de vista del modelado conceptual) el nodo o entidad que lleva a cabo dicha centralización. También, una minoría define de forma explícita la orientación descentralizada que consideran sus modelos (24%). En este caso, dicha descentralización tiene que ver con la forma en la que el proceso de toma de decisiones se lleva a cabo, cabe decir

que cada nodo de la red de suministro considera sus procesos internos y los comparte (según proceda) con el resto de los nodos involucrados según éstos lo vayan requiriendo. A esta forma de llevar a cabo la planificación se le ha denominado “orientación planificación” e identifica si se trata de una planificación centralizada, descentralizada o si no se define. Además, la Figura 10 señala desde una perspectiva porcentual la tipología que es considerada por los autores. Así, es posible observar que la mayoría de los autores consideran una tipología tipo red (55%). Esto se explica por el hecho de que la mayoría de los modelos conceptuales estudiados, que abarcan la problemática de las redes de suministro en cuanto a sus procesos de planificación, de una manera explícita, intentan abarcar la mayor cantidad de nodos posibles con el objetivo de presentar modelos que luego contribuyan a la experimentación científica. Seguidamente, en segundo lugar se encuentran aquellos autores que consideran una tipología tipo cadena. Esto se corresponde con la actual tendencia de considerar dos nodos a modo de representar la red de suministro (este tipo de representación también se conoce con el nombre de diádica). Finalmente, otro aspecto que se ha considerado interesante es la estratificación respecto a la cantidad de nodos que los autores consideran para el desarrollo de sus modelos conceptuales. En este caso, de forma estratégica y según el criterio de quienes desarrollan este documento, se ha establecido una estratificación que considera los rangos 0-2, 3-5 y 6-7 en relación al número de nodos. En este contexto, se ha visto que la mayoría de los autores se encuentran en el primer segmento (0-2 con un 45%), lo cual está relacionado con lo ya comentado sobre las tipologías de tipo diádicas. Mientras que la minoría (10%) se encuentran en el tercer segmento (6-7). Esto se explica por el hecho de que en el momento de desarrollar los modelos conceptuales, los autores tienden a ser lo más genéricos posibles tratando, al mismo tiempo, de no generar modelos demasiado sobrecargados de información con el fin de favorecer la claridad y entendimiento de los mismos.

De acuerdo con lo anterior, es posible intuir una cierta relación entre las tres dimensiones ya mencionadas. Para detectar de forma cuantitativa dichas relaciones, la Tabla 18 representa el cruce entre dichas dimensiones. Así, la Tabla 18 señala que la perspectiva centralizada se considera principalmente en el estrato 0-2 para la tipología tipo cadena. En el caso del estrato 3-5, la tipología de red considera la mayor cantidad de referencias con una orientación centralizada de la planificación, mientras que para el estrato 6-5 la mitad de los autores considera la centralización para una tipología convergente. Finalmente, la orientación descentralizada de la planificación para el estrato 0-2 se reparte de manera equitativa entre la tipología tipo cadena y red. Esto resulta coherente en el sentido de que para

esta tipología, la descentralización (a nivel del estudio y desarrollo de modelos conceptuales) no se presenta como un aspecto desequilibrante. Por otra parte, para los estratos 3-5 y 6-7, la descentralización se presenta mayoritariamente para la tipología de red.

Tabla 18. Relaciones entre las dimensiones: estratos, orientación de la planificación y tipología.

Estratos	Orientación planificación	Tipología		
		Cadena	Convergente	Red
0-2	Centralizada	75%	0%	25%
	Descentralizada	50%	0%	50%
	No define	71%	0%	29%
3-5	Centralizada	17%	0%	83%
	Descentralizada	25%	0%	75%
	No define	33%	0%	67%
6-7	Centralizada	0%	50%	50%
	Descentralizada	0%	0%	100%
	No define	0%	0%	0%

Para apoyar la interpretación y visualización de lo expresado en la Tabla 18, se muestra la Figura 11.

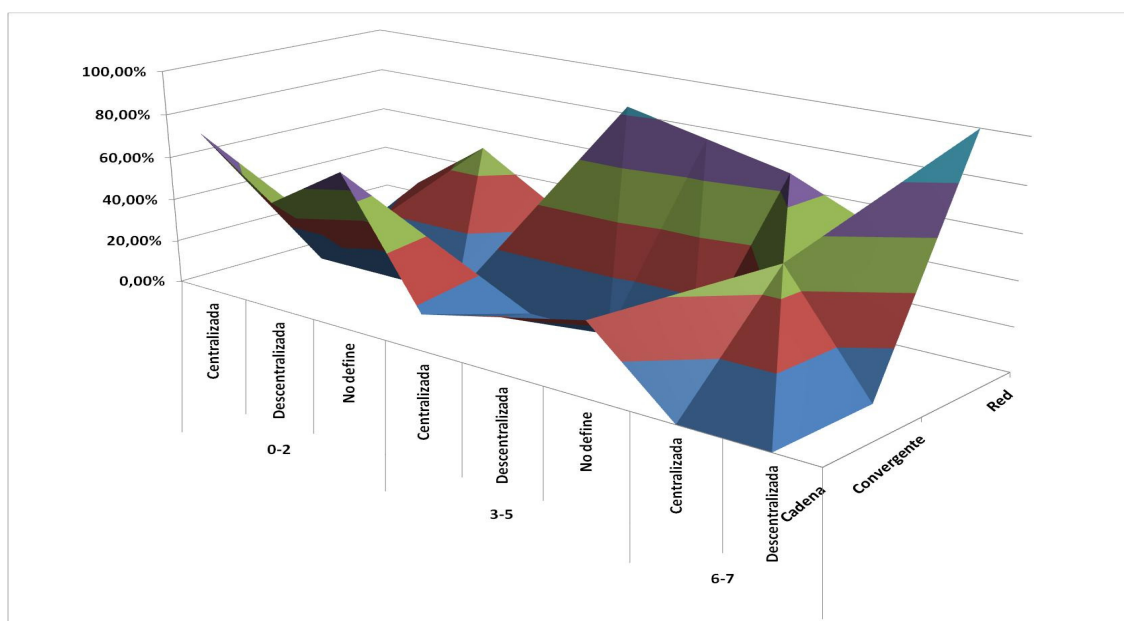


Figura 11. Relaciones entre las dimensiones orientación de planificación y tipología.

Finalmente, otro aspecto considerado es el relacionado con el nivel de decisión considerado por los autores. Estos niveles son conocidos como estratégico (E), táctico (T) y operativo (O). Para el caso del modelado conceptual, estos tres niveles de decisión se han asociado con el diseño de la red, el tratamiento de procesos de planificación y con las operaciones propias de los nodos, respectivamente. De esta manera, no solo se han encontrado

estos niveles en su estado puro, sino que también se han encontrado combinaciones de éstas: estratégico y táctico (E-T); estratégico, táctico y operativo (E-T-O); táctico y operativo (T-O) y aquellos que definen/establecen dicho nivel de decisión. Por lo tanto, el estudio cuantitativo establece que los modelos conceptuales asociados al área del modelado de redes de suministro implican mayoritariamente una temática táctica y operativa (ver Figura 12).

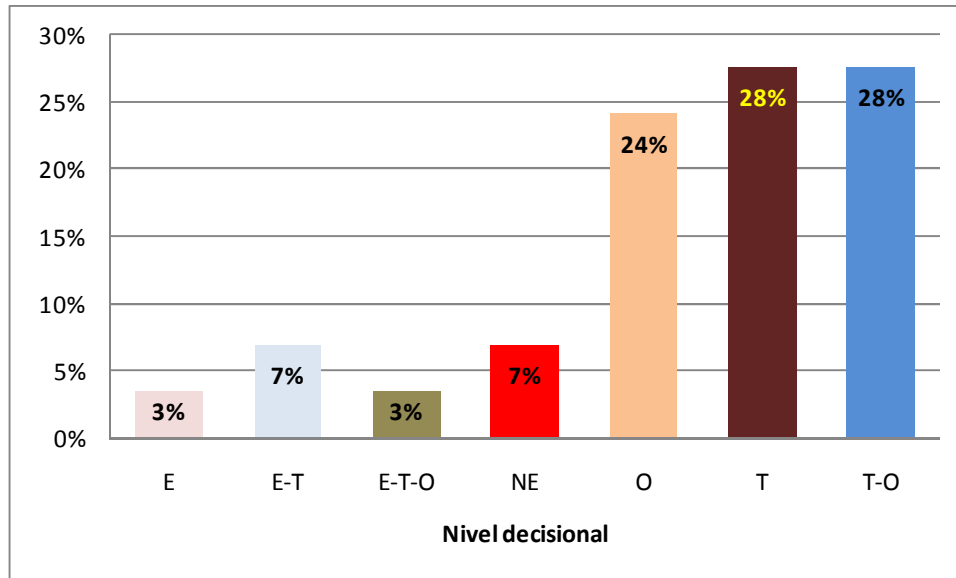


Figura 12. Niveles de decisión considerados en el modelado conceptual.

Finalmente, de acuerdo con la Figura 12, los niveles de decisión más considerados son los de tipo T y T-O, con un 28% en ambos casos. Los niveles E y E-T-O son los menos considerados con un 3%. Esto refleja la necesidad de concebir los modelos conceptuales en base a información reciente, o más bien que implique repercusiones cercanas en el tiempo en las decisiones de los nodos de la cadena de suministro. Para esto, se abordan los elementos de tipo NRS, TECH, TD, REC, MERE y FIEC en el sentido que se consideran los elementos claves para la consecución de modelos conceptuales que apoyen estos niveles de decisión.

En este sentido, bajo la perspectiva del modelado conceptual y de la identificación de elementos para el apoyo al modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro se ha visto que resulta importante la identificación del dominio de modelado, es decir, de la topología de la cadena y, por tanto, de los nodos que intervienen en los procesos. Según esto, se pueden establecer e identificar los elementos, nodos, sectores y relaciones entre las diferentes perspectivas del modelado conceptual. Seguidamente, los niveles de decisión a tener en cuenta en el modelado considerarán estos factores para poder establecer las relaciones entre las dimensiones y las tipologías que el modelo conceptual deberá considerar

para apoyar la colaboración en la cadena de suministro. Por consiguiente, en el siguiente sub-apartado, se estudian los vínculos entre el modelado conceptual y las diferentes topologías de la cadena de suministro que se tienen en cuenta por los autores, principalmente, para identificar elementos como los objetivos, las restricciones, las perspectivas de los procesos colaborativos y las topologías.

3.4 EL MODELADO CONCEPTUAL COMO APOYO AL MODELADO EMPRESARIAL DE LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN LAS DIFERENTES TOPOLOGÍAS DE CADENA DE SUMINISTRO

Los procesos colaborativos en la cadena de suministro, como ya se ha visto en el Capítulo 2, abordan la temática del intercambio de información entre los diferentes nodos de la cadena de suministro. Además, se ha visto que la colaboración en la cadena de suministro implica un adecuado proceso de planificación soportado por dicho intercambio de información entre los nodos. Estos procesos podrán considerar vistas tanto de tipo centralizadas como descentralizadas en las cuales se enmarcarán y estructurarán los flujos de intercambio de información. Por lo que, desde el punto de vista de las actividades que se tienen en cuenta en los procesos de planificación centralizados en la cadena de suministro, **de Kok y Fransoo (2002)** establecen que una de las actividades principales del proceso de planificación son aquellas que, mediante la utilización de los recursos disponibles, es posible transformar entradas en salidas, las que a su vez serán precedidas por las múltiples actividades de transformación y que podrán alimentar múltiples actividades de transformación para conseguir, por ejemplo, los productos esperados. Estas actividades, en el contexto de cadena de suministro, podrán referirse a las transformaciones físicas, como por ejemplo el proceso de fabricación o montaje, o a una transformación no-física, como por ejemplo el desplazamiento del producto de una localidad a otra. Por lo tanto, actividades típicas son:

- Actividades de fabricación, como por ejemplo las transformaciones físicas.
- Actividades de transporte, que se refieren al desplazamiento de salidas físicas de un lugar a otro.
- Actividades de planificación, orientadas principalmente a gestionar aquellas actividades administrativas que permiten que las actividades de fabricación y transporte puedan ejecutarse.

De esta forma, el modelado conceptual de la cadena de suministro que considere los procesos colaborativos deberá tener en cuenta los elementos y sus relaciones, así como las diferentes perspectivas que cada una de estas se puede considerar. Adicionalmente, el nivel de decisión que se considere entregará la profundidad y el alcance del modelo. Así es como, por ejemplo, el modelado de la cadena de suministro, desde un punto de vista operativo, considerará dos perspectivas relevantes. La primera estará relacionada con las redes de trabajo, es decir cómo los recursos están relacionados o vinculados, y la segunda se relaciona con los estados que la red de trabajo puede considerar. Estos estados son, principalmente, tres: proveedores que entregan los bienes y los servicios a las empresas, procesos de transformación en las empresas, distribución de productos soportado por los distribuidores (**Erengüç et al., 1999**). Por lo que desde el punto de vista conceptual de las relaciones colaborativas entre los diferentes nodos de la cadena de suministro, **Chen (2003)** considera que la relación sustentada por intercambios adecuados de información favorecerá la eficiencia de la cadena de suministro así como la coordinación entre los procesos de toma de decisión de los diferentes nodos de la cadena. Así mismo, para estudiar las relaciones entre los nodos de la cadena de suministro, **Tang et al. (2001)** proponen un modelo conceptual para estudiar las relaciones existentes entre compradores y proveedores donde serán tres los aspectos importantes a tener en cuenta: el flujo de información, el flujo de bienes y servicios y, por último, los procesos de retroalimentación de información. Seguidamente, y teniendo en cuenta la perspectiva de teoría de juegos en la negociación como soporte a la colaboración entre los participantes resulta ser un aspecto crucial, **Cousins (2002)** presenta un modelo conceptual para señalar las diferentes perspectivas que las relaciones entre nodos de la cadena de suministro pueden considerar. En base a esto, la elección de un proceso adecuado de relaciones, desde un punto de vista de las salidas que se generen, implicará el establecimiento de relaciones simples si las salidas del sistema lo son igualmente. De acuerdo con esto, los conceptos de dependencia y certeza juegan un rol importante para influenciar el desarrollo adecuado de los procesos relacionales entre los diferentes nodos de la cadena, teniendo en cuenta que estos puedes considerar números diferentes de topologías y, por tanto, flujos de información diferentes.

Otro aspecto conceptual relevante en el contexto de colaboración en cadenas de suministro se refiere a los procesos de planificación de la distribución y transporte de los productos entre los diferentes nodos de la cadena, en donde la definición de estrategias adecuadas generará óptimos a nivel de volúmenes de suministro, costes de producción, distancias de transporte, niveles de servicio y tiempo en tránsito de los productos

(Lagoudis *et al.*, 2002). En este sentido, para efectos de apoyar los procesos colaborativos que las cadena de suministro pueden considerar, los servicios de transporte implicarán un rol central al momento de trasladar materiales, por ejemplo, de una fábrica a otra, trasladando los inventarios entre fabricas y centros de distribución así como el transporte de los productos finales a los usuarios (Caputo *et al.*, 2003). Adicionalmente, Artiba y Montreuil (2004) establecen que los conceptos a tener en cuenta bajo la perspectiva del transporte en cadenas de suministro, es la consideración de los costes de transporte y las capacidades de la flota de transportes, así como la consideración conjunta de estos, como por ejemplo, la consideración de los procesos de previsión de ventas, previsión de capacidad, plan maestro, necesidades de aprovisionamiento, planificación de envíos y el transporte (de Toni y Zamolo, 2005). Desde el punto de vista del modelado conceptual de los procesos colaborativo en las diferentes topologías de cadena, el proceso de planificación del transporte se deberá centrar en la coordinación y combinación de sub-planes para la obtención de planes promedios con lo cual la demanda de transporte sea mínima y balanceada. Finalmente, Nonino y Panizzolo (2007) investigan los factores críticos de un sistema productivo que se encuentra restringido por el proceso de distribución, con lo cual serán dos los factores que presentarán mejoras bajo la consideración conjunta de la producción y el transporte, los cuales son: el nivel de servicio y el tiempo de suministro.

Ahora bien, el apoyo que el modelado conceptual puede proporcionar a los proceso colaborativos de la cadena de suministro, ya sea a los de planificación, previsión o aprovisionamiento (según visto en el capítulo anterior), se verá favorecido por la utilización de herramientas y lenguajes de modelado que apoyen de manera cuantitativa la evaluación de mejoras y la optimización de los procesos. Es decir, herramientas y lenguajes que puedas llevar a un plano más aplicado las ideas y modelos conceptuales que se plantean. En relación con esto, y desde una perspectiva clásica, son dos las perspectivas que comúnmente se utilizan para apoyar el modelado conceptual, estas son los modelos analíticos y los de simulación. El primero buscará, mediante le definición de parámetros, variables así como la generación de restricciones entre ellas, la minimización y/o optimización de la función objetivo que entrega una visión global del comportamiento del sistema según las relaciones establecidas entre los parámetro y las variables. Además, importante es destacar que un modelo analítico resulta ser una representación verbal, gráfica o matemática, de un proceso real (en su totalidad o parcialmente), que contiene un conjunto de variables y sus

interrelaciones. Por otro lado, la segunda buscará una representación dinámica del flujo de información entre los diferentes miembros y/o actores del modelo.

3.4.1 PERSPECTIVAS CONCEPTUALES Y RESTRICCIONES PARA LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Los elementos conceptuales cubren una serie de aspectos para identificar y definir los elementos relevantes de los procesos. En el caso particular de este Capítulo, tienen relevancia aquellos procesos que se orientan a soportar la colaboración en la cadena de suministro. Así, tal y como lo plantea **Cousins (2002)**, cuando las empresas que pertenecen a una cadena se dan cuenta del tipo de relación que mantienen con otros nodos componentes de la misma, podrán soportar sus procesos de toma de decisión de una manera mejor y, por tanto, las podrán mejorar en el tiempo. De esta manera, la vista conceptual de las relaciones de información bajo la perspectiva del modelado empresarial, implicará que las empresas considerarán las relaciones que actualmente poseen así como las que requieren, por lo tanto, se orientan hacia las decisiones estratégicas respecto a la consideración de las relaciones actuales o a la generación de nuevas relaciones. Esto repercutirá en la consecución de procesos más eficientes en los ciclos de productos y niveles de servicio (**Cigolini et al., 2004**).

De esta manera, los elementos conceptuales vinculados con el flujo de información tendrán en cuenta, además, las restricciones principales de acuerdo con los flujos vinculados con los procesos colaborativos. Esta consideración de restricciones implicará reconocer que las interacciones entre los miembros de la cadena de suministro dependerá tanto de las necesidades internas como externas de la cadena. Así, un proveedor que se involucre en alianzas para mejorar estas interacciones, soportará de manera mejor los procesos de innovación que se circunscriben a la colaboración en la cadena de suministro (**Roy et al., 2004**). En este sentido, las restricciones principales, tal como lo plantean **Zhang et al. (2007)**, se relacionan con la definición adecuada de los paquetes de información que soportarán la construcción y diseminación rápida y dinámica de los requerimientos a los nodos de la cadena bajo un contexto colaborativo. Para soportar esto, la definición de relaciones entre los nodos resulta de vital importancia. Así, se establece que la colaboración implica la propuesta de mejoras tanto en los niveles de decisión superiores como inferiores de la cadena de suministro, con lo cual se permite a los miembros de la cadena generar un rendimiento y un comportamiento más eficiente según una orientación sinérgica de la gestión de los procesos colaborativos de la cadena (**Cao y Zhang, 2011**).

De acuerdo con los criterios de búsqueda establecidos al inicio del presente capítulo, la Tabla 19 se proporciona una visión conceptual de los elementos y las restricciones vinculadas a los procesos de la cadena de suministro bajo una perspectiva colaborativa. El objetivo es identificar cómo los autores, bajo una perspectiva conceptual de modelado empresarial, gestionan el flujo de información en la cadena de suministro y consideran las restricciones principales que se han de tener en cuenta para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro. De esta manera, de los autores relevantes estudiados, se tienen en cuenta las siguientes dimensiones de estudio:

- **Perspectiva conceptual para el flujo de información.** Identifica cómo los autores tienen en cuenta el flujo de información para soportar la colaboración entre los miembros de la cadena de suministro.
- **Objetivo.** Resume el propósito que el autor persigue con su estudio o propuesta.
- **Perspectiva colaborativa.** En relación con lo estudiado en el Capítulo 2, se identifica la orientación centralizada o descentralizada del proceso colaborativo considerado.
- **Ámbito restricción.** Destaca las restricciones e implicaciones que el flujo de información, bajo un contexto colaborativo de cadena de suministro, debe tener en cuenta para apoyar la ejecución eficiente de los procesos.
- **Impacto restricción.** Valoración cualitativa de la implicación que las restricciones tienen sobre el modelado empresarial en la cadena de suministro.

Tabla 19. Elementos conceptuales y restricciones de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Autor	Perspectiva conceptual para el flujo de información	Objetivo	Perspectiva colaborativa		Ámbito restricción	Impacto restricción		
			Cent	Desc		D	I	SI
Cousins (2002)	Dependencia interorganizacional de tipo histórica, económica, tecnológica y política	Favorecer la confianza para compartir los beneficios entre los nodos de la cadena	X		- Temor a lo desconocido. - Incertidumbre elevada. - Definición de relaciones.	X	X	
Cigolini et al. (2004)	Diseño, configuración y gestión de la cadena de suministro	Establecer técnicas de apoyo a la gestión de la cadena de suministro para ser competitivos en los precios y efectivos para conseguir los objetivos.	X		- Definición de ciclo de vida del producto final. - Complejidad del flujo. - Definición del tipo de cadena.		X	
Roy et al. (2004)	Identificación de elementos externos a las relaciones entre nodos de la cadena de suministro (tecnología, demanda, conexiones).	Entender y aplicar los conceptos tecnológicos, naturaleza de la demanda y las conexiones para favorecer la innovación y la agilidad de la cadena en cada nodo de la red.	X		- Factores internos de la relación como acuerdos y confianza. - Interacción entre nodos según el tipo, cantidad y ámbito. - Desarrollos de innovación incrementales y radicales.	X	X	
Barnes y Oloruntoba (2005)	En un caso particular de la industria portuaria, se establece la complejidad relacionada con la integración del flujo de información entre	Debido a las vulnerabilidades que se generan en los sistemas de gestión producto de estas integraciones, se	X		- Entornos imponen iniciativas sin considerar el impacto social y económico. - El tratamiento de	X		X

Autor	Perspectiva conceptual para el flujo de información	Objetivo	Perspectiva colaborativa		Ámbito restricción	Impacto restricción		
	actividades de gestión, operaciones y cadena de suministro.	plantean iniciativas de seguridad para favorecer la eficiencia y competitividad del negocio en entornos globales.			transacciones es complejo. - Gestión de transacciones de información poco adecuada.			
Lea et al. (2005)	Utilización de los sistemas ERP existentes en las empresas para potenciar la integración del flujo de información entre sistemas diferentes.	Evitar los problemas producidos por la instalación de un único sistema ERP en las empresas		X	- Sistemas que soporten el intercambio de información en tiempo real.	X		X
Lamming et al. (2006)	Para soportar la gestión de la cadena de suministro, el dinamismo de la información en relación con las relaciones entre los nodos debe congelarse por un periodo de tiempo.	Congelar la variación de la información en las variables críticas para que puedan ser consideradas como constantes en el tiempo.	X		- Visibilidad de la información restringida para todos los miembros de la cadena.	X		
Zhang et al. (2007)	Por medio de la generación de interacciones, las rutas de comunicación y la gestión de mensajes, la interacción social soportará el flujo de información entre los nodos de la cadena	Favorecer la integración ágil para responder a los requerimientos cambiantes del mercado.	X	X	- Dificultad para conseguir parámetros de medida para entornos altamente cambiantes.	X		
Hernández et al. (2008)	El flujo de información considera como apoyo tanto el flujo de productos como el	Considerar la combinación de los flujos de información,	X		- En el flujo de información se consideran los recursos y sistemas de información que	X		

Autor	Perspectiva conceptual para el flujo de información	Objetivo	Perspectiva colaborativa		Ámbito restricción	Impacto restricción		
	flujo de decisión para apoyar la planificación de la producción teniendo en cuenta los recursos, el dominio de modelado y las herramientas tecnológicas.	productos y decisión para modelar conceptualmente el proceso de planificación de la producción y el transporte en una cadena de suministro del sector del automóvil.			<p>procesan y envían la información.</p> <p>- En el flujo de producto se consideran las restricciones de secuenciación, niveles de inventario y capacidades de transporte.</p> <p>- En el flujo de decisión se tienen en cuenta las informaciones que fluyen de los diferentes niveles de decisión.</p>			
Alarcón et al. (2009)	Los miembros de la cadena de suministro identifican y definen las influencias del proceso de comprometer pedidos para establecer un diseño que maximice la eficiencia de la cadena y el nivel de servicio al cliente.	Caracterizar, diseñar y gestionar los procesos claves de satisfacción de los clientes en conjunto con la eficiencia operativa de la cadena de suministro.	X			X		
Touzi et al. (2009)	El flujo de información soporta la definición de mensajes y paquetes de información para registrar los servicios de los miembros de la cadena.	Utilizar modelos de procesos de negocio para diseñar el modelo lógico de soluciones colaborativas a los procesos de integración e interacción entre los nodos de la cadena de	X		<p>- Obtener información respecto a los formatos específicos de los objetos de negocio.</p> <p>- Intercambiar mensajes según una estructura de mensajes coherente para todos los miembros de la</p>	X		X

Autor	Perspectiva conceptual para el flujo de información	Objetivo	Perspectiva colaborativa		Ámbito restricción	Impacto restricción		
		suministro.			cadena.			
Trkman y McCormack (2009)	Se tiene en cuenta la incertidumbre endógena y exógena de la información según una estructura de cadena de suministro así como las características, atributos y comportamientos de los proveedores.	Predecir el riesgo que los proveedores en la gestión de la cadena de suministro según los posibles desacoples entre proveedores en la cadena.	X		Poca información en relación con las tecnologías y variaciones del interno, afectan las modificaciones de las relaciones entre proveedores y cadenas de suministro.	X		
de la Fuente et al. (2010)	La integración efectiva de procesos de negocio industriales favorece la flexibilidad de las empresas y la utilización de sistemas de información que apoyan la interacción con los recursos.	Apoyar el modelado y diseño de procesos que permitan a las empresas reflejar las nuevas maneras en que éstas operan.	X		- Evolución continua de los mercados. - Controlar los procesos con herramientas y técnicas adecuadas.	X		
Cao y Zhang (2011)	El flujo de información colaborativo apoya la interacción entre empresas de la cadena de suministro.	Proporcionar una definición más precisa y entendible de colaboración en la cadena de suministro teniendo en cuenta una visión de relaciones y procesos.	X		- Sincronización de la información. - Considerar la evolución de los procesos flexibles y de innovación de la cadena.	X		

A partir de la Tabla 19 se observa que el flujo de información, bajo una perspectiva de cadena de suministro colaborativa, se orienta principalmente a cubrir aspectos como la integración de los procesos, la identificación de lenguajes y tecnologías comunes entre los miembros de la cadena. Esto para favorecer la eficiencia y flexibilidad de la cadena para abordar las actividades de gestión que se relacionan con ella. Es decir, la consideración de los elementos conceptuales favorece la gestión de los procesos de planificación, la interpretación efectiva de los procesos de negocio así como el tratamiento de las variabilidades de la información producto de las distorsiones del entorno desde un punto de vista interno y externo.

También se ha visto que la consideración colaborativa utilizada por los autores es en mayor medida de tipo centralizada. Así, los autores tienen en cuenta un elemento central destinado a recolectar los elementos de información principales para, posteriormente, según los mecanismos de colaboración, distribuir los requerimientos, decisiones e informaciones a los demás nodos de la cadena. Mayoritariamente, se ha visto que el impacto de las restricciones que se vinculan con el flujo de información bajo entornos colaborativos es de tipo directo. Estas restricciones se relacionan con la accesibilidad de la información, la actualización y el intercambio de las mismas entre los miembros de la cadena de modo que, por ejemplo, tengan en cuenta las evoluciones continuas que sufren los entornos y mercados en los que se circunscriben los miembros de la cadena.

Por lo tanto, se observa que los flujos y las restricciones vinculadas con la información que se comparte entre los miembros de la cadena de suministro han de tener en cuenta el entorno y, por tanto, la configuración o topología de cadena de suministro. De acuerdo con esto, el siguiente subapartado presenta las aportaciones actuales que los autores consideran para el modelado empresarial de los procesos colaborativos en la cadena de suministro según una perspectiva colaborativa del intercambio de información entre los miembros de la cadena.

3.4.2 EL MODELADO EMPRESARIAL EN LAS DIFERENTES TOPOLOGÍA DE CADENA DE SUMINISTRO SEGÚN UNA PERSPECTIVA COLABORATIVA

Teniendo en cuenta los elementos conceptuales, las restricciones, así como la conceptualización de las topologías vistas en el presente Capítulo y el Capítulo 2, bajo una perspectiva de modelado empresarial se tienen en cuenta las diferentes perspectivas de modelado, lenguajes de modelado, tecnologías, perspectivas colaborativas, niveles de decisión y las topologías de la cadena. Por lo tanto, el modelado empresarial se centrará en la

utilización de estos elementos en conjunto para soportar el modelado de los procesos de negocio de la cadena de suministro. En este caso, los procesos de negocio se enmarcarán bajo una perspectiva colaborativa de cadena de suministro donde los nodos de la cadena de suministro intercambian información para favorecer el rendimiento y la eficiencia de los procesos propios y los de la cadena completa.

En este contexto, tal como establecen **Wi et al. (2011)**, bajo situaciones cambiantes del entorno, resulta muy difícil garantizar el éxito de los procesos de gestión basados en los conocimientos propios de los recursos. Los elementos claves que pueden ayudar a dar soporte a los sistemas de gestión serán aquellos que tengan en cuenta un desarrollo tecnológico rápido así como también los requerimientos corporativos. Una de las soluciones tecnológicas más conocidas de hoy en día son las basadas en sistemas WEB, que apoyan la selección de miembros virtuales que den soporte a los procesos de innovación en la cadena de suministro. Así mismo, **Wi et al. (2011)** consideran que la colaboración debe tener en cuenta tres elementos principales: la densidad, el grado de centralización, y las medidas de comunicación, coordinación y cooperación.

Algunas soluciones para este tipo de complejidades empresariales las presenta **Brintrup (2010)**, quien bajo una perspectiva de agentes computacionales autónomos apoya la consecución de sinergias en sistemas complejos teniendo en cuenta el modelado de los comportamientos presentes en cadenas de suministro que consideran, por una parte, la secuencialidad del flujo de información y, por otro lado, la definición de estrategias en entornos competitivos. Estos entornos, tal como lo establece **Vernadat (2010)**, bajo una perspectiva empresarial, consideran cualquier tipo de estructura organizativa. Estas estructuras, además, pueden estar geográficamente distribuidas, lo que implica que las entidades de negocio deben considerar las interacciones entre ellas para dar paso y fluidez a sus procesos. Por lo tanto, el concepto de interoperabilidad nace en virtud del soporte a las interacciones entre entidades que las requieren, sobre todo cuando tienen en cuenta lenguajes y semánticas diferentes y que requieren de algún proceso de unificación en la definición de sus estrategias.

Así, desde un punto de vista tradicional de la gestión de las tecnologías de la información y las comunicaciones, las estrategias de negocio se orientan hacia la consecución de infraestructuras que soporten tanto las tecnologías de la información como los procesos organizativos **Cuenca et al. (2010)**. Por lo tanto, el concepto de inteligencia de negocios (o *business intelligence*) se considera para apoyar a las entidades de negocio para

conceptualizar los procesos operativos, estrategias e indicadores de rendimiento de modo que, bajo la perspectiva del modelado empresarial, pueden ser conectados a los datos empresariales mediante la utilización de herramientas automatizadas de gestión (**Barone et al., 2010**).

Shtub y Karni (2010) consideran que el modelado empresarial de los procesos de negocio, comúnmente, requieren de un proceso de implementación, costes, muchos recursos y, finalmente, en la mayoría de los casos queda como un proceso incompleto. Por lo tanto, los autores consideran que el establecimiento de modelos conceptuales de referencia ayuda a solventar todas estas problemáticas propias de los procesos de modelado empresarial en la cadena de suministro. Por lo tanto, se apoyará la elaboración y el desarrollo de aplicaciones empresariales específicas para los procesos de negocio claves. Estas aplicaciones tienen en cuenta los repositorios de información que, si la estructura de la arquitectura empresarial está distribuida, pues estos repositorios deben soportar la distribución de la información. Para esto, **Abdmouleh et al. (2004)** establecen que los componentes empresariales vinculados con los repositorios de información, deben soportar el intercambio de información, componentes y elementos entre los actores de la red empresarial, siendo CIMOSA uno de los lenguajes empresariales destacados para soportar este tipo de configuraciones complejas.

Finalmente, es importante destacar que no existirá una única solución real a la problemática de la integración y el modelado empresarial en la cadena de suministro, sin embargo existirán diversas soluciones que cubrirán de manera simultánea aspectos como el flujo de información, productos e información así como las gestión de los proceso (**Baina et al., 2009**). De acuerdo con esto, la Tabla 20, teniendo en cuenta las tendencias actuales del modelado empresarial en cadenas de suministro, así como los aspectos considerados en este Capítulo, presenta un resumen con las aportaciones relevantes en relación con las orientaciones del modelado empresarial según las perspectivas colaborativas de las diferentes topologías de cadenas de suministro.

Tabla 20. Orientaciones modelado empresarial según las perspectivas colaborativas de la cadena de suministro.

Autor	Orientación objetivo modelado empresarial	Perspectiva colaborativa		Orientación lenguaje de modelado			Nombre Lenguaje	Tecnología	Nivel de decisión			Topología
		Cent	Desc	F	SF	I			E	T	O	
Abdmouleh et al. (2004).	Proporcionar asistencia en la gestión y el diseño de los procesos de negocio en un entorno de ingeniería empresarial.	X		X			- Diagrama _UML de clases. - Diagrama UML de casos de usos. - Diagrama UML de secuencia. - Diagrama UML de componentes	- CORBA, ActiveX y tecnologías de la información en general	X			Diádica
Helo y Szekely (2005).	Soportar sistemas de información flexibles que consideren la convergencia de los diferentes sistemas de información de los demás miembros de la cadena de suministro para soportar la gestión de cantidades elevadas de datos así como la integración en base a la identificación de tecnologías y procesos estándar.	X			X		- Diagramas de flujo.	SAP R/3	X	X		Secuencial

Autor	Orientación objetivo modelado empresarial	Perspectiva colaborativa		Orientación lenguaje de modelado			Nombre Lenguaje	Tecnología	Nivel de decisión			Topología
		Cent	Desc	F	SF	I			E	T	O	
Babar et al. (2008).	Integración de los procesos, estrategias y contextos de negocios con los modelos orientados a objetivos	X			X		- Diagramas de flujo.	Tecnologías de la información.	X			Red (varios niveles)
Jagdev et al. (2008).	Extender los conceptos de empresa virtual y extendida para soportar los retos relacionados con la integración en la cadena de suministro mediante la utilización de tecnologías de WEB semánticas.	X			X		- Diagramas de flujo.	WEB	X	X		Árbol (varios niveles)
Baña et al. (2009).	Según una perspectiva de producto y de la información que éstos contienen, se presenta un método para la sincronización de los flujos de productos de acuerdo con la información que éstos consideren.	X		X	X		- Diagramas de Clases. - Diagramas de flujo.	Tecnologías de información enmarcadas en el Framework Zachman	X			Diadica
Barone et al. (2010).	Integrar la inteligencia de negocios (o <i>business intelligence</i>) con la conceptualización de los procesos empresariales para soportar las conexiones de datos en base a herramientas complejas y automáticas.	X		X	X		- Diagramas de clase. - Diagramas de flujo.	Tecnologías de la información en general.	X			Árbol (varios niveles)

Autor	Orientación objetivo modelado empresarial	Perspectiva colaborativa		Orientación lenguaje de modelado			Nombre Lenguaje	Tecnología	Nivel de decisión			Topología
		Cent	Desc	F	SF	I			E	T	O	
Brintrup (2010)	Considerar un modelado basado en muti-comportamientos para integrar la selección de proveedores, la planificación de la producción en un entorno de cadena de suministro secuencia según una perspectiva de agentes.		X			X	- Diagrams de flujo	Agentes		X	X	Secuencial (cinco niveles)
Cuenca et al. (2010).	Establecimiento de los bloques constructivos de conceptualización, aplicación, modelado, heurísticas y dependencias estratégicas bajo un concepto de las tecnologías de la información y las comunicaciones en entornos de cadenas de suministro colaborativas.	X				X	- Diagrama de bloques	No especifica	X			Diádica (Un nivel)
Shtub y Karni (2010).	Integrar los conceptos de empresa, función y proceso de negocio bajo una perspectiva de la acciones, controles, objetivos y roles que los miembros de la cadena pueden considerar.	X				X	Descriptivo	No especifica	X			Diádico
Vernadat (2010)	Establecer un marco de trabajo para soportar la	X				X	- Diagrams	WEB	X			Red

Autor	Orientación objetivo modelado empresarial	Perspectiva colaborativa		Orientación lenguaje de modelado			Nombre Lenguaje	Tecnología	Nivel de decisión			Topología
		Cent	Desc	F	SF	I			E	T	O	
	interoperabilidad entre las empresas según una visión de entorno real, sistema de información, semánticas, sintáxis e interacciones entre procesos de negocio.						de bloque					(varios niveles)
Wi et al. (2011).	Colaboración entre los miembros de la cadena	X		X			- Casos de uso. - Ontologías	- OWL - WEB	X	X	X	Árbol (3 niveles)

A partir de la Tabla 20 se observa que los autores consideran el modelado empresarial desde las visiones de los flujos de información y productos así como también tienen en cuenta la integración de éstos según la utilización de las tecnologías de la información. Éstas tendrán en cuenta, principalmente, los lenguajes de modelado para las representaciones de los procesos empresariales. Estas representaciones podrán ser de tipo formal, semi-formal y/o informal. Esto quiere decir que según sea el nivel de detalle del proceso y el nivel de integración que se busque en la cadena de suministro se requerirá de manera proporcional de un tipo u otro, incluso podrá ser una combinación de ambos. Por lo tanto, para el modelado empresarial en las diferentes topologías de cadena de suministro según una perspectiva colaborativa, se ha visto que la mayoría de los autores establece sus representaciones empíricas bajo una topología de tipo árbol, considerando dos o más niveles. Bajo este punto de vista, el modelo empresarial representa los mecanismos y flujos principales para coordinar los procesos colaborativos en este tipo de topologías. Principalmente, se destaca el enfoque de integración que el modelado empresarial considera bajo una perspectiva colaborativa del flujo de información en la cadena de suministro. Así, tal y como se señala en la Figura 13, el modelado empresarial en el contexto de cadena de suministro tendrá en cuenta los formalismos de comunicación, las estructuras, los flujos de información y el diseño de los procesos de planificación y ejecución vinculados con los procesos colaborativos de la cadena de suministro.

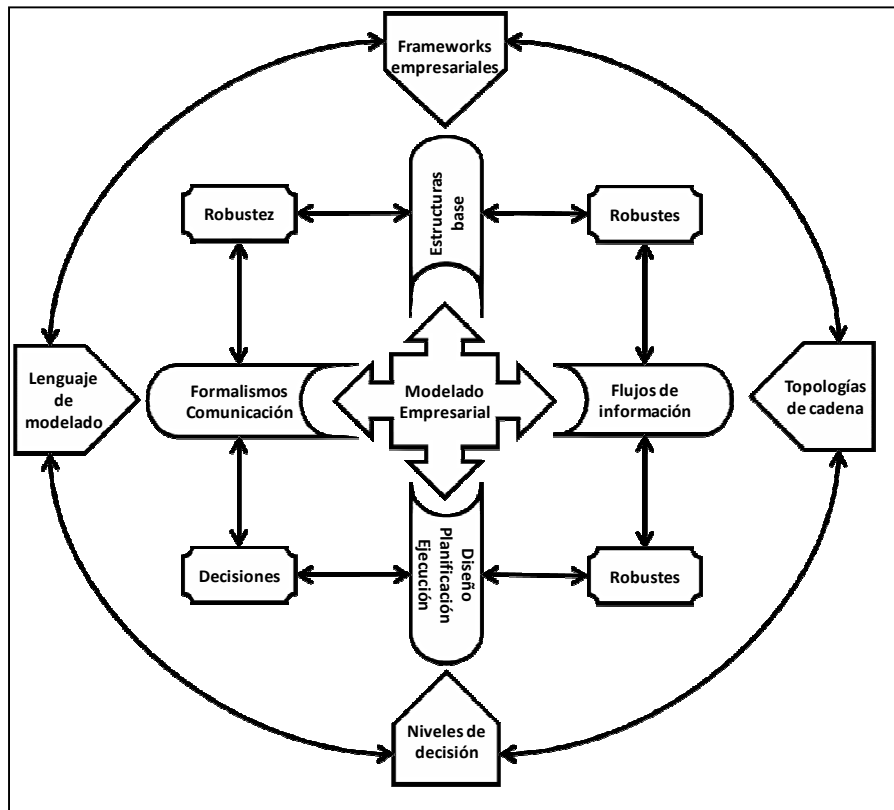


Figura 13. El modelado empresarial. Una visión integrada de flujos, tecnologías y lenguajes.

La Figura 13 se presenta, de esta manera, como una contribución original al planteamiento conceptual del modelado empresarial de los procesos colaborativos. Se destaca el hecho de que serán dos los elementos clave para soportar los cuatro componentes principales del modelado empresarial. Éstas son la robustez y las decisiones. Esto quiere decir que la robustez juega un papel fundamental en el soporte de la integración de los procesos colaborativos en la cadena de suministro debido, principalmente, a que esto implicará un escalabilidad mayor y constante en el tiempo, favoreciendo, por consiguiente, las decisiones involucradas con los diferentes recursos pertenecientes a los miembros de la cadena de suministro. Por lo tanto, en la cadena de suministro el modelado empresarial destacará cuatro meta-elementos genéricos que se podrán tener en cuenta en el soporte de la integración de los procesos de negocio en la cadena de suministro. Estos elementos son el lenguaje de modelado, que apoya la generación formal y estándar de los modelos y, por tanto, su intercambio entre los miembros, el nivel de decisión, que permitirá interpretar los flujos de datos como fuentes de información o restricciones para los procesos de negocio desde una perspectiva de la integración temporal en la cadena de suministro, las topologías de cadena de suministro, que permiten identificar las diferentes configuraciones a las que los flujos de información se verán sometidos y, por

tanto, implica entender las repercusiones de las informaciones y restricciones de la cadena y los miembros de la cadena y, finalmente, los *Frameworks* empresariales, que identifican las pautas y líneas a seguir para, por un lado, comprender el dominio de modelado y el entorno empresarial y, por otro lado, proporcionar los fundamentos para soportar los flujos y procesos de negocio según los diferentes lenguajes y procesos empresariales estándares para soportar la colaboración en la cadena de suministro.

3.5 CONCLUSIONES

En el presente capítulo se ha desarrollado un estado del arte respecto al modelado empresarial en cadenas de suministro desde un punto de vista conceptual del modelado empresarial. Específicamente, respecto al modelado conceptual en cadenas de suministro de las arquitecturas empresariales que se encuentran presentes en la literatura científica. Para esto, se han estudiado las definiciones y los conceptos relacionados con el desarrollo de los modelos conceptuales en cadenas de suministro, así como también las diversas topologías de cadenas de suministro y como éstas se adaptan a los diferentes entornos de modelado empresarial bajo las diferentes perspectivas colaborativas.

Por lo tanto, el análisis de la información se ha orientado hacia el estudio del dominio de modelado de cadenas de suministro que consideran un proceso de planificación e intercambio de información entre sus nodos desde las perspectivas centralizadas y descentralizadas del intercambio de información colaborativo. Esto con el objetivo de desarrollar los procesos de recolección de información así como la generación y la distribución de los planes asociados. De esta manera, como principal característica de los modelos estudiados, se ha visto que elementos importantes a tener en cuenta son la topología de cadena de suministro, las entidades relacionadas con los procesos de negocio (entidades internas, entidades internas adicionales, entidades externas y centros de distribución) así como la identificación de los recursos circunscritos a los nodos que desarrollan los procesos de planificación y la definición de estrategias a tener en cuenta en los sistemas de información y comunicación.

Así, es posible concluir que para el desarrollo de un modelo bajo el contexto empresarial y conceptual (como apoyo a la generación de arquitecturas empresariales) para soportar los procesos de planificación (por

ejemplo de la producción en una cadena de suministro de cualquier topología) se han de considerar al menos los siguientes aspectos:

- Definición del tipo de lenguaje de modelado, ya sea informal, semi-formal, formal.
- Detectar los aspectos principales de la problemática a estudiar para la obtención correcta de requerimientos y el posterior desarrollo del modelo empresarial.
- Definición del contexto y dominio empresarial.
- Estudio y definición de la topología de cadena de suministro.
- Identificación de los tipos de recursos que soportan el flujo de los productos.
- Definición de los objetivos, los atributos y las relaciones a considerar de las entidades de la cadena suministro.
- Establecer una perspectiva estática o dinámica del dominio.
- Establecimiento de definiciones conceptuales para los elementos relacionados con el flujo de información.
- Detección y aplicación de las técnicas de modelado.
- Utilización y combinación de las herramientas de modelado.
- Establecimiento de la comunicación entre los usuarios.
- Documentación y descripción de los aspectos relevantes del dominio.

Estos aspectos tendrán como finalidad última, la captura adecuada de requerimientos y la comprensión del modelo por parte de los recursos del dominio, facilitando las fases de corrección y validación del modelado e integración empresarial entre los miembros de la cadena de suministro.

Es importante destacar que para la construcción, o elaboración, de un modelo empresarial de cualquier índole (en este caso de tipo conceptual) es necesario establecer un orden en el que se va a ir construyendo. Este orden está orientado al establecimiento de comunicaciones con las entidades de la empresa y a capturar sus intereses y necesidades. También se considera el estudio de la documentación ya existente en la empresa, así como la generación de nueva documentación que servirá como medio de comunicación entre los usuarios y miembros del equipo de trabajo. Por lo que, frente a la consideración de las arquitecturas *y/o Frameworks* empresariales, se ha visto la utilidad que presenta para los autores el hecho de estratificar las problemáticas e incorporar la noción de capa para identificar el estrato al que el tipo de información pertenece según el nivel de detalle que considere. De esta manera, las capas se soportarán unas otras

mediante las tecnologías de la información que cada una incorpore para el modelado de los procesos. Por ejemplo, se mencionan las capas de información, de datos, de ontologías, procesos, etc. Éstas se orientan principalmente a soportar los procesos de planificación estratégica y táctica.

Otro aspecto, que se destaca de las arquitecturas empresariales estudiadas, es el hecho de que la mayoría de los procesos de planificación tienden a ser llevados por un nodo central que se encarga de gestionar los flujos presentes en el dominio (flujo de productos, de información y de decisión). En este contexto, se ha visto como el flujo de productos es considerado para generar el suministro de información y para activar, además, los flujos de necesidades de las entidades de la cadena de suministro vinculadas a los procesos del flujo de productos.

La vinculación de los flujos en cuestión, dependerá del tipo de topología de cadena y, más aun, de las configuraciones y características que los nodos respectivos presenten. Por lo cual estos vínculos se asocian con el cómo el flujo de productos, por medio de los requerimientos de los recursos, interactúa con los demás flujos (de información y de decisión). El flujo de productos interactuará con el flujo de información a través de interfaces que permitan al usuario filtrar de manera mejor sus requerimientos y la información que se le proporciona. Respecto al nexo de unión entre el flujo de productos y el flujo de decisiones, el vínculo estará establecido por los requerimientos que se deben satisfacer, para lo cual en función de la información que se tenga del proceso se deberán tomar las decisiones correspondientes.

A partir de los resultados obtenidos es posible plantear líneas de investigación futuras orientadas al: (1) análisis de modelos de referencia para el modelado conceptual de los procesos de planificación de la producción y el transporte en cuanto a su aplicación en empresas reales, por ejemplo del sector del automóvil; (2) analizar modelos conceptuales que puedan dar soporte a la obtención de modelos analíticos aplicado a una empresa; (3) establecer las herramientas adecuadas para el modelado empresarial a partir del estudio de éstas y, a su vez, como éstas se adaptarían al modelo de referencia propuesto; y (4) realizar experimentos de simulación para obtener resultados empíricos en cuanto al tratamiento centralizado y descentralizado de la planificación de la producción y el transporte, esto para comparar los resultados frente a otras orientaciones como las de tipo colaborativas centralizadas y descentralizadas.

REFERENCIAS

1. Abdmouleh, A., Spadoni, M. y Vernadat, F.B. (2004). Distributed client/server architecture for CIMOSA-based Enterprise components. *Computers in Industry*, Vol. 55, pp. 239–253.
2. Aguilar-Savén, R.S. (2004). Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, Vol. 90, pp. 29–149.
3. Alarcón, F., Alemany, M.M.E. y Ortiz, A. (2009). Conceptual framework for the characterization of the order promising process in a collaborative selling network context. *International Journal of Production Economics*, Vol. 120, pp. 100–114.
4. Allen R. (2001). Open Image Systems Inc., United Kingdom Chair, WfMC External Relations Committee: “The Workflow Handbook 2001”; Workflow Management Coalition.
5. Anaya, V. y Ortiz, A. (2005). How Enterprise Architectures Can Support Integration. Trabajo presentado en IHIS’05, November 4, 2005, Bremen, Germany.
6. Androulakis, I. y Reklaitis, G. (1999). Approaches to asynchronous decentralized decision making. *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 23, pp. 341–355.
7. Angeles, P. (1981) *Dictionary of Philosophy*. New York: Harper Perennial.
8. Artiba, A. y Montreuil, B. (2004). Design of supply chains, manufacturing systems and logistics Networks. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. Vol. 17 No. 2, pp. 95–96.
9. Babar, A., Cox, K., Tasic, V., Bleistein, S. y Verner, J. (2008). Integrating B-SCP and MAP to manage the evolution of strategic IT requirements. *Information and Software Technology*, Vol. 50, pp. 815–831.
10. Bagheri, E. y Ghorbani, A.A. (2009). A belief-theoretic framework for the collaborative development and integration of para-consistent conceptual models. *The Journal of Systems and Software*, Vol. 82, pp. 707–729.
11. Baïna, S., Panetto, H. y Morel, G. (2009). New paradigms for a product oriented modelling: Case study for traceability. *Computers in Industry*, Vol. 60, pp. 172–183.

12. Barnes, P. y Oloruntoba, R. (2005). Assurance of security in maritime supply chains: Conceptual issues of vulnerability and crisis management. *Journal of International Management*, Vol. 11, pp. 519–540.
13. Barone, D., Yu, E., Won, J., Jiang, L. y Mylopoulos, J. (2010). Enterprise Modeling for Business Intelligence. En: *PoEM 2010*, LNBIP P. van Bommel et al. (Eds.), Springer, Vol. 68, pp. 31–45.
14. Bittner, T., Donnelly, M. y Winter, S. (2005). Ontology and semantic interoperability. In *Large-scale 3D data integration*. London: CRC Press.
15. Bolloju, N. y Leung, F.S.K. (2006). Assisting novice analysts in developing quality conceptual models with UML. *Communications of the acm*, Vol. 49, pp. 108-112.
16. Bonner, A.J. y Kifer, M. (1998). The state of change: a survey, in: *Transactions and Change in Logic Databases*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1472, Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-36.
17. Brintrup, A. (2010). Behaviour adaptation in the multi-agent, multi-objective and multi-role supply chain. *Computers in Industry*, Vol. 61, pp. 636–645.
18. Caputo, A.C., Pelagagge, P.M. y Scacchia, F. (2003). Integrating transport systems in supply chain management software tool. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 103, No. 7, pp. 503 – 515.
19. Cao, M. y Zhang, Q. (2011), Supply Chain Collaboration: Impact on Collaborative Advantage and Firm Performance. *Journal of Operations Management*. doi:10.1016/j.jom.2010.12.008.
20. Chan, F.T.S., Qi, H.J., Chan, H.K, Lau, H.C.W. y Ip, R.W.L. (2003). A conceptual model of performance measurement for supply chains. *Management Decision*, Vol. 41 No. 7, pp.635 – 642.
21. Charu, C., Janis, G. y Armen, T. (2007). Problem taxonomy: a step towards effective information sharing in supply chain management. *International Journal of Production Research*, Vol. 45 No. 11, pp. 2507-2544.
22. Chen, F. (2003). Information sharing and supply chain coordination. T. de Kok, S. Graves, eds. *Handbook in Operations Research and*

- Management Science, Vol. 11. Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands.
23. Choi, T.Y. y Hong, Y. (2002). Unveiling the structure of supply networks: case studies in Honda, Acura, and DaimlerChrysler. *Journal of Operations Management*, Vol. 5 No. 5, pp. 469-93.
 24. Choi, Y., Kim, K. y Kim, C. (2005). A design chain collaboration *Framework* using reference models. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 26, pp. 183–190.
 25. Choi, Y., Kang, D., Chae, H. y Kim, K. (2008). An enterprise architecture *Framework* for collaboration of virtual enterprise chains. *International Journal of Advances manufacturing and technology*, Vol. 35, pp. 1065–1078
 26. Christopher, M.L. (1992). *Logistics and Supply Chain Management*. London: Pitman Publishing.
 27. Christopher, M. (1999). *Logistics and Supply Chain Management—Strategies for Reducing Cost and Improving Service*, second ed. London.
 28. Cigolini, R., Cozzi, M. y Perona, M. (2004). A new *Framework* for supply chain management - Conceptual model and empirical test. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 24 No. 1, pp. 7-41.
 29. CIMOSA (1993). *Open System Architecture for CIM*, ESPRIT Consortium AMICE, Springer-Verlag, Berlin.
 30. Cooper, M.C. y Ellram, L.M. (1993). Characteristics of Supply Chain Management and the Implication for Purchasing and Logistics Strategy. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 4 No. 2, pp. 13-24.
 31. Cooper, M.C., Lambert, D.M. y Pagh, J.D. (1997). Supply chain management: More than a new name for logistics. *International Journal of Logistics Management*, Vol. 8 No. 1, pp. 1-13.
 32. Cousins, P.D. (2002). A conceptual model for managing long-term inter-organisational Relationships, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 8, pp. 71–82.
 33. Cuenca, L., Ortiz, A. y Vernadat, F. (2006). From UML or DFD models to CIMOSA partial models and enterprise components. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 19 No. 3, pp. 248 – 263.

34. Cuenca, L, Boza, A y Ortiz, A. (2010). Enterprise Architecture Framework with Early Business/ICT Alignment for Extended Enterprises. En: BASYS 2010, IFIP AICT 322, Á. Ortiz Bas, R.D. Franco, P. Gómez Gasquet (Eds.), Springer, pp. 11–18.
35. Danilovic, M. y Winroth, M. (2005). A tentative *Framework* for analyzing integration in collaborative manufacturing network settings: a case study. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 22, pp. 141–158.
36. Davis, A.M. (1993). *Software Requirements: Objects, Functions and States*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
37. de la Fuente, M.V., Ros, L. and Ortiz, A. (2010). Enterprise modelling methodology for forward and reverse supply chain flows integration. *Computers in Industry*, Vol. 61, pp. 702–710.
38. de Kok, A. G. y J. Fransoo (2003). Planning Supply Chain Operations: Definition and Comparison of Planning Concepts. A. G. de Kok and S. C. Graves, eds. *Handbooks in Oper. Res. And Management Sci.* Vol. 11, *Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands. Chapter 12.
39. De Toni, A.F. y Zamolo, E. (2005). From a traditional replenishment system to vendor-managed inventory: A case study from the household electrical appliances sector. *International journal of production economics*, Vol. 96, pp. 63-79.
40. Dooge, J.C.I. (1977). Problems and methods of rainfall-runoff modeling. In: Ciriani, T.A., Maione, U., Wallis, J.R. (Eds.), *Mathematical Models for Surface Water Hydrology: the Workshop Held at the IBM Scientific Center, Pisa*. Wiley, London, pp. 71–108.
41. Doumeingts, G., Chen, D., Vallespir, B. y Fenie, P (1993). GIM (GRAI Integrated Methodology) and its evolutions. A methodology to design and specify Advanced Manufacturing Systems. Trabajo presentato en el workshop JSPE/IFIP TC5/WG5.3 on the Design of Information Infrastructure Systems for Manufacturing, '93, Tokyo, 1993, pp. 101-117.
42. Doumeingts, G., Ducq, Y., Vallespir, B. y Kleinhans, S. (2000). Production management and enterprise modelling. *Computers in Industry*, vol. 42, pp. 245–263.

43. Duclos, L.K., Vokurka, R.J. y Lummus, R.R. (2003). A conceptual model of supply chain flexibility. *Industrial Management & Data Systems*, Vol, 103 No. 6, pp. 446 – 456.
44. Dudek, G. y Stadtler, H. (2005). Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners. *European Journal of Operational Research*, Vol. 163 No. 3, pp. 668-687.
45. Dreiling, A., Rosemann, M., van der Aalst, W.M.P. y Sadiq, W. (2008). From conceptual process models to running systems: A holistic approach for the configuration of enterprise system processes. *Decision Support Systems*, Vol. 45, pp. 189–207.
46. Erengüç, S.S., Simpson, N.C. y Vakharia, A.J. (1999). Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review. *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, pp. 219–236.
47. Ertogral, K. y Wu, S.D. (2000). Auction-theoretic coordination of production planning in the supply chain. *IIE Transactions*, Vol. 32, pp. 931–940.
48. Evermann, J. y Wand, Y. (2005). Toward formalizing domain modeling semantics in language syntax. *Ieee Transactions on Software Engineering*, Vol. 31, pp. 21-37.
49. Fischer, T. y Gehring, H. (2005). Planning vehicle transshipment in a seaport automobile terminal using a multi-agent system. *European Journal of Operational Research*, Vol. 166, pp. 726–740.
50. Frayret, J.M., A'Amours, S., Rouseau, A. y Harvesy, S. (2005). Agent based supply chain planning in the forest products industry. *Network Organisation Technology Research Centre, Universite Laval, Quebec, Canada.*
51. Fox, M.S., Barbuceanu, M. y Gruninger, M. (1996). An organisation ontology for enterprise modeling: Preliminary concepts for linking structure and behaviour. *Computers in Industry*, vol. 29, pp. 123 - 134.
52. Fung, R.Y.K. y Chen, T (2005). A multiagent supply chain planning and coordination architecture. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 25 No. 7, pp. 811-819.
53. GERAM (1999). *General Enterprise Reference Architecture Methodology version 1.6.3. IFIP-IFAC Task Force. Marzo 1999.*
54. Goel, A., Schmidt, H. y Gilbert, D. (2010). *Formal Models of Virtual Enterprise Architecture: Motivations and Approaches. PACIS 2010*

- Proceedings. Paper 117. Disponible en: <http://aisel.aisnet.org/pacis2010/117> (Revisado en 02/02/2010).
55. Grilo, A. y Jardim-Goncalves, R. (2010). Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, Vol. 19, pp. 522–530.
 56. Gruat La Forme, F.A, Genoulaz, V.B. y Campagne, J.P. (2007). A *Framework* to analyse collaborative performance. *Computers in Industry* 58 (2007) 687–697.
 57. Grubic, T. y Fan, I. (2010). Supply chain ontology: Review, analysis and synthesis. *Computers in Industry*, Vol. 61, pp. 776–786.
 58. Gruninger, M. y Lee, J. (2002). Ontology - Applications and design. *Communications of the acm*, Vol. 45, pp. 39-41.
 59. Gunasekaran, A. y Ngai, E.W.T. (2003). The successful management of a small logistics company. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 33.
 60. Gunneson, A.O. (1997). *Transitioning to Agility. Creating the 21st Century Enterprise*. Addison Wesley Publishing Company, New York.
 61. Gutiérrez Vela, F.L., Isla Montes, J.L., Paderewski Rodríguez, P., Sánchez Román, M. y Jiménez Valverde, B. (2007). An architecture for access control management in collaborative enterprise systems based on organization models. *Science of Computer Programming*, vol. 66, pp. 44–59.
 62. Han, K.H. y Do, N. (2006). An object-oriented conceptual model of a collaborative product development management (CPDM) system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 28, 827-838.
 63. Hao, Q., Shen. W. y Wang, L. (2005). Towards a cooperative distributed manufacturing management framework. *Computers in Industry*, Vol. 56, pp. 71–84.
 64. Helo, P. y Szekely, B. (2005). Logistics information systems. An analysis of software solutions for supply chain co-ordination. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 105 No. 1, pp. 5-18.
 65. Hernández, J., Poler, R., y Mula, J. (2007). Modelado del sistema decisional de la función logística. Aplicación a una empresa del sector del automóvil. *International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, Madrid, September 5th-7th.

66. Hernández, J.E, Mula, J., Ferriols, F.J. y Poler, R. (2008). A conceptual model for the production and transport planning process: An application to the automobile sector. *Computers in Industry*, Vol. 59, pp. 842–852.
67. Hintikka, J. (1970). The semantics of modal notions and the indeterminacy of ontology, *Synthese*, vol. 21, pp. 408-424.
68. Holsapple, C.W. y Joshi, K.D. (2002). A collaborative approach to ontology design. *Communications of the acm*, Vol. 45, pp. 42-47.
69. Hong, P.C., Dobrzykowski, D.D. y Vonderembse, M.A. (2010). Integration of supply chain IT and lean practices for mass customization. *Benchmarking of product and service focused manufacturers. Benchmarking: An International Journal*, Vol. 17 No. 4, pp. 561-592.
70. Huang, G.Q., Lau, J.S.K. y Mak, K.L. (2003) The impacts of sharing production information on supply chain dynamics: a review of the literature. *International Journal of Production Research*, Vol. 41, pp. 1483-1517.
71. Jagdev, H., Vasiliu, L., Browne, J. y Zaremba, M. (2010). A semantic web service environment for B2B and B2C auction applications within extended and virtual enterprises. *Computers in Industry*, Vol. 59, pp. 786–797.
72. Khadivar, A. Zadeh, A.R. Khani, M. y Jalali, S.M.J. (2007). A conceptual model for knowledge flow in supply chain. *2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2-4 Dec., pp 352-356.
73. Kim, S.H. y Jang, K.J. (2002). Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR. *Int. J. Production Economics*, vol. 76, pp. 121-133.
74. Kim, W., Chung, M.J., Qureshi, K. y Choi, Y.K. (2006). WSCPC: An architecture using semantic web services for collaborative product commerce. *Computers in Industry*, Vol. 57, pp. 787–796.
75. Kouvelis, P. y Gutierrez, G.J. (1997). The news vendor problem in a global market: Optimal centralized and decentralized control policies for a two-market stochastic inventory system. *Management Science*, Vol. 43, pp. 571–585.
76. Kua, K.C, Kaob, H.P. y Gurumurthy, H.K. (2007). Virtual inter-firm collaborative *Framework*—An IC foundry merger/acquisition project. *Technovation*, vol. 27, pp. 388–401.

77. Kung, C.H. y Solvberg, A. (1986). Activity modeling and behaviour modeling, T, W, OUe, H, G, Sol, and A, A, Verriijn-Stuart, eds. *Information System Design Methodologies: Improving the Practice*. North-Holland, Amsterdam, The Netherlands, pp. 145-171.
78. La Londe, B.J. y Masters, J.M. (1997). Emerging Logistics Strategies; Blueprints for the Next Century. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 24 No. 7, pp. 35-47.
79. Lagoudis, I.N., Lalwani, C.S., Naim, M.M. y King, J. (2002). Defining a conceptual model for high-speed vessels. *International Journal of Transport Management*, Vol. 1, pp. 69–78.
80. Lambert, D.M., James R.S. y Lisa M.E. (1998). *Fundamentals of Logistics. Management*. Boston, MA: Irwin/McGraw-Hill. Chapter 14.
81. Lamming, R., Caldwell, N. y Phillips, W. (2006). A Conceptual Model of Value-Transparency in Supply. *European Management Journal*, Vol. 24 No. 2–3, pp. 206–213.
82. Larman, C. (1998). *Applying UML and patterns*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
83. Lea, B., Gupta, M.C. and Yuc, W. (2005). A prototype multi-agent ERP system: an integrated architecture and a conceptual framework. *Technovation*, Vol. 25, pp. 433–441.
84. Lee, J., Chae, H., Kim, C.H y Kim, K. (2009). Design of product ontology architecture for collaborative enterprises. *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, pp. 2300–2309.
85. Lejeune, M.A. y Yakova, N. (2005). On Characterizing the 4 C's in Supply Chain Management. *Journal of Operations Management*, Vol. 23 No. 1, pp. 81-100.
86. Lin, J. y Lin, T. (2004). Object-oriented conceptual modeling for commitment-based collaboration management in virtual enterprises. *Information and Software Technology*, Vol. 46, pp. 209–217.
87. Lin, J.T. y Chen, Y. (2007). A multi-site supply network planning problem considering variable time buckets – A TFT-LCD industry case. *International journal of advance manufacture and technology*, Vol. 33, pp. 1031–1044.
88. Lin, J. (2008). A conceptual model for negotiating in service-oriented environments. *Information Processing Letters*, Vol. 108, pp. 192–203.

89. Lindland, O.I., Sindre, G. y Solvberg, A. (1994). Understanding Quality in Conceptual Modeling. *IEEE Software*, Vol. 11, pp. 42-49.
90. Liu, J., Zhang, S. y Hu, J. (2005). A case study of an inter-enterprise workflow-supported supply chain management system. *Information & Management*, Vol. 42, pp. 441–454.
91. Lorenz, F. (1999). A classification of modelling languages for differential-algebraic equations. *Simulation Practice and Theory*, Vol. 7, pp. 553-562
92. Maier, R. (2001). Organizational concepts and measures for the evaluation of data modeling, in: S. Becker (Ed.) *Developing Quality Complex Database Systems: Practices, Techniques and Technologies*, dea Group Publishing, Hershey, USA.
93. Manring, S.L. y Moore, S.B. (2006). Creating and managing a virtual inter-organizational learning network for greener production: a conceptual model and case study. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14, pp. 891-899.
94. Medina-Mora, R., Winograd T., Flores R. y Flores C.F. (1992). The action workflow approach to workflow management technology, *Proc 4th Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp. 281–288.
95. Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Soonhoong, M., Nix, N. W., Smith, C. D., y Zacharia, Z. G. (2001), Defining supply chain management, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22 No. 2, pp. 1-25.
96. Molina, A. y V. Medina (2003). Application of enterprise models and simulation tools for the evaluation of the impact of best manufacturing practices implementation. *Annual Reviews in Control* 27, pp.221–228.
97. Moody, D.L. (1998) Metrics for evaluating the quality of entity relationship models, *Proc. 17th Internat. Conf Conceptual Modeling*, Singapore.
98. Moody, D.L. (2005). Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions. *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 55, pp. 243.
99. Mula, J., Poler, R., Garcia-Sabater, J.P., Lario, F.C. (2006). Models for production planning under uncertainty: A review. *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, pp. 271-285.
100. Narayanan, S., Bodner, D.A., Sreekanth, U., Govindaraj, T., McGinnis, L.F. y Mitchell, C. M. (1998). Research in object-oriented

- manufacturing simulations: an assessment of the state of the art. *IEEE Transactions*, Vol. 30, pp. 795-810.
101. Nishi, T., Konishi, M. y Hasebe, S. (2005). An autonomous decentralized supply chain planning system for multi-stage production processes. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 16 No. 3, pp. 259-275.
 102. Nonino, F. y Panizzolo, R. (2007). Integrated production/distribution planning in the supply chain: the Febal case study. *Supply Chain Management: An International Journal*. Vol. 12 No. 2, pp. 150–163.
 103. Noran, O. (2003). An analysis of the *Zachman Framework* for enterprise architecture from the GERAM perspective. *Annual Reviews in Control* Vol. 27, pp. 163–183.
 104. Noy, N.F. y Hafner, C.D. (1997). The state of the art in ontology design - A survey and comparative review. *Ai Magazine*, Vol. 18, pp. 53-74.
 - Nyaga, G.N., Whipple, J.M. y Lynch, D.F. (2010). Examining supply chain relationships: Do buyer and supplier perspectives on collaborative relationships differ?. *Journal of Operations Management*, Vol. 28, pp. 101–114.
 105. Olive, A. y Ravento's, R. (2006). Modeling events as entities in object-oriented conceptual modeling languages, *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 58, pp. 243–262.
 106. Ortiz, A., Lario, F. y Lorenzo Ros (1999). Enterprise Integration—Business Processes Integrated Management: a proposal for a methodology to develop Enterprise Integration Programs. *Computers in Industry*, vol. 40, pp. 155–171.
 107. Panetto, H. y Molina, A. (2008). Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: Trends and issues. *Computers in Industry*, vol. 59, pp. 641–646.
 108. Park, T.Y., Han, K.H. y Choi, B.K. (1997). An object-oriented modelling *Framework* for automated manufacturing system. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 10, pp. 324-334.
 109. Peck, H. (1998). The development and implementation of co-managed inventory agreements in the UK brewing industry. *International*

- Journal of Logistics: Research & Applications, Vol. 1 No. 3, pp. 297–311.
110. Peidro, D. (2007). Modelos para la planificación táctica centralizada de una cadena de suministro bajo incertidumbre. Aplicación en una cadena de suministro del sector del automóvil. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Organización de Empresas.
 111. Peristeras, V. y Tarabanis, K. (2000). Towards an Enterprise Architecture for Public Administration Using a Top-Down Approach.
 112. Rodriguez, K. y Al-Ashaab, A. (2005). Knowledge web-based system architecture for collaborative product development. *Computers in Industry*, Vol. 56, pp. 125–140.
 113. Rohde, J., Meyr, H., Wagner, M. (2000). Die supply chain planning matrix. *PPS Management*, Vol 5, pp. 10–15.
 114. Rohde, J. y Wagner, M. (2002). Master Planning. In: Stadler, H., Kilger, C. (Eds.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, second ed. Berlin, pp. 143–160.
 115. Romero, F., Company, P., Agost, M.J. y Vila, C. (2008). Activity modelling in a collaborative ceramic tile design chain: an enhanced IDEF0 approach. *Research in Engineering Design*, vol. 19, pp. 1–20.
 116. Roshannejad, A. y Eberlein, A. (2001). The use of conceptual models during the design of new telecommunication services, *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, Vol 3, pp. 1163-1168.
 117. Ross, D.F. (1998). *Competing Through Supply Chain Management*. New York, NY: Chapman & Hall.
 118. Roy, S., Sivakumar, K. y Wilkinson, I.F. (2004). Innovation Generation in Supply Chain Relationships: A Conceptual Model and Research Propositions. *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 32 No. 1, pp. 61-79.
 119. Rumbaugh, J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F. y Lorenzen W. (1991). *Object-oriented modeling and design*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
 120. Sánchez, A.M. y Pérez, M.P. (2005). Supply chain flexibility and firm performance - A conceptual model and empirical study in the automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 25 No. 7, pp. 681-700.

121. Sarmiento, A.M. y Nagi, R. (1999). A review of integrated analysis of production-distribution systems. *IIE Transactions*, Vol. 31, pp. 1061–1074.
122. Scheer, A.W. (1992). *Architecture of Integrated Information Systems*. Berlin, Springer.
123. Seth, N., Deshmukh, S.G. y Vrat, P. (2006). A conceptual model for quality of service in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 36 No. 7, pp. 547-575.
124. Shi, L.H., Zou, S. y Cavusgil, S.T. (2004). A conceptual framework of global account management capabilities and firm performance. *International Business Review*, Vol. 13, pp. 539–553.
125. Shen, H., Wall, B., Zaremba, M., Chen, Y. y Browne, J. (2004). Integration of business modelling methods for enterprise information system analysis and user requirements gathering. *Computers in Industry*, vol. 54, pp. 307–323.
126. Sluga, A., Butala, P. y Peklenik, J. (2005). A Conceptual Framework for Collaborative Design and Operations of Manufacturing Work Systems. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 54 Vol. 1, pp. 437-440.
127. Sørensen, C.G, Fountas, S, Nash, E., Pesonen, L, Bochtis, D., Pedersen, S.M., Basso, B. y Blackmore, S.B. (2010). Conceptual model of a future farm management information system. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 72, pp. 37–47.
128. Spekman, R.E. y Carraway, R. (2006). Making the transition to collaborative buyer–seller relationships: An emerging *Framework*. *Industrial Marketing Management*, Vol. 35, pp. 10 – 19.
129. Shtub, A. y Karni, R (2010). *ERP: The Dynamics of Supply Chain and Process*. En: LLC 2010, Springer Science + Business Media, Management, Second Edition. DOI 10.1007/978-0-387-74526-8_3.
130. Tang, J.E., Shee, D.Y y Tang, T. (2001). A conceptual model for interactive buyer-supplier relationship in electronic comerse, *International Journal of Information Management*, Vol. 21, pp. 49-68.
131. Terai, K., Izumi, N. y Yamaguchi, T. (2003). Coordinating Web services based on business models, in: *Proceedings of the 5th international Conference on Electronic Commerce*, vol. 50, ICEC'03,

- Pittsburgh, Pennsylvania, ACM Press, New York, NY, 2003, pp. 473–478.
132. Touzi, J., Benaben, F., Pingaud, H. y Lorre, J.P. (2009). A model-driven approach for collaborative service-oriented architecture design. *International Journal of Production Economics*, Vol. 121, pp. 5–20.
 133. Trkman, P. y McCormack, K. (2009). Supply chain risk in turbulent environments – A conceptual model for managing supply chain network risk. *International Journal of Production Economics*, Vol. 119, pp. 247–258.
 134. Ulieru, M., Norrie, D., Kremer, R. y Shen, W. (2000). A multi-resolution collaborative architecture for web-centric global manufacturing. *Information Sciences*, Vol. 127, pp. 3-21.
 135. Uschold, M. y Gruninger, M. (1996). Ontologies: Principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*, Vol. 11, pp. 93-136.
 136. Vernadat, F.B. (2002). Enterprise modeling and integration (emi): current status and research perspectives. *Annual Reviews in Control*, vol. 26, pp. 15-25.
 137. Vernadat, F.B (2010). Technical, semantic and organizational issues of enterprise interoperability and networking. *Annual Reviews in Control*, Vol. 34, pp. 139–144.
 138. Vidal, C.J. y Goetschalckx, M. (1997). Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models, *European Journal of Operational Research*, Vol. 98, pp. 1-18.
 139. Vieira, G.E. y Júnior, O.C. (2005). A conceptual model for the creation of supply chain simulation models. *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*. M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, and J. A. Joines, eds.
 140. Vries, M. y van Rensburg, A.J.C. (2008). Enterprise architecture – new business value perspectives. *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol 19 No. 1, pp. 1-16.
 141. Wand, Y. y Weber, R. (2002). Research commentary: Information systems and conceptual modeling - A research agenda. *Information Systems Research*, Vol. 13, pp. 363-376.
 142. Wang, C. y Fergusson, C.A. (2007). Conceptual case based model supporting a sme's strategic supply chain decision, *Agile Manufacturing, 2007. ICAM 2007. IET The International Conference on Advanced Materials 9-11 July 2007*, pp 189-196.

143. Wi, H., Oh, S. y Jung, M. (2011). Virtual organization for open innovation: Semantic web based 3 inter-organizational team formation. *Expert Systems with Applications*. EN PRENSA.
144. Williams, T.J. (1992). *The Purdue Enterprise Reference Architecture*. Purdue Laboratory for Applied Industrial Control, Purdue University, USA.
145. Xiao, H. (2007). A metamodel for the notation of graphical modeling languages. *Computer Software and Applications Conference, 2007. COMPSAC 2007 - Vol. 1. 31st Annual International, Vol. 1 No. 24-27 July 2007*, pp 219-224.
146. Zachman, J.A (1987). *A Framework for information systems architecture*. *IBM Systems Journal*, Vol. 26 No 3.
147. Zhang, H., Kishore, R., Sharman, R. y Ramesh, R. (2007). Agile Integration Modeling Language (AIML): A conceptual modeling grammar for agile integrative business information systems, *Decision Support Systems*, Vol. 44, pp. 266–284.
148. Zdravkovic, M., Panetto, H. y Trajanovic, M. (2010). Concept of semantic information pool for manufacturing supply networks. *International Journal of Total Quality Management and Excellence*, Vol. 37 No. 3, pp.69-74.
149. zur Muehlen, M. y Indulska, M. (2010). Modeling languages for business processes and business rules: A representational analysis. *Information Systems*, Vol. 35, pp. 379–390.

ESTADO DEL ARTE DE LOS
SISTEMAS MULTIAGENTE EN
CADENAS DE SUMINISTRO
COLABORATIVAS

CAPÍTULO

4

ÍNDICE – CAPÍTULO 4

4.	Estado del arte de los sistemas multiagente en cadenas de suministro colaborativas	261
4.1	Introducción	261
4.2	Los sistemas multiagente en cadenas de suministro colaborativas... ..	264
4.2.1	Definiciones y conceptos	265
4.2.1.1	Los agentes.....	267
4.2.1.2	Los sistemas multiagente	272
4.2.2	Metodologías existentes basada en multiagentes	288
4.2.3	Aspectos relevantes para el apoyo del modelado basado en agentes 301	
4.3	Los sistemas multiagente como apoyo a la gestión de cadenas de suministro colaborativas.....	311
4.3.1	Arquitecturas relevantes basadas en agentes en cadenas de suministro colaborativas.....	326
4.3.2	Ventajas y desventajas del modelado basado en sistemas multiagente 336	
4.3.2.1	Ventajas	337
4.3.2.2	Desventajas	338
4.4	Aplicación de los sistemas multiagente al modelado de los procesos colaborativos en las diferentes topologías de cadena de suministro.....	339
4.5	Conclusiones.....	349
	Referencias.....	351

ÍNDICE – FIGURAS

Figura 1. Ámbito que se considera.	286
Figura 2. Nivel de decisión.	286
Figura 3. Entidades de la cadena de suministro.	286
Figura 4. Lenguaje de modelado.	286
Figura 5. Negociación.	287
Figura 6. Mecanismos de coordinación.	287
Figura 7. Equivalencia entre autores y Tablas.	306
Figura 8. Expresión algebraica de equivalencia entre la Tabla 2 y la Tabla 4. ...	306
Figura 9. Relación topología de cadena versus tipo de arquitectura basada en agentes.	336

ÍNDICE – TABLAS

Tabla 1. Definiciones e interpretaciones relevantes del concepto de agente.	270
Tabla 2. Aspectos relevantes para el modelado basado en MAS en cadenas de suministro colaborativas.	275
Tabla 3. Metodologías de apoyo al modelado de procesos según una perspectiva SMA.	290
Tabla 4. Aportaciones de los autores a los aspectos relevantes para el modelado basado en sistemas multiagente.	304
Tabla 5. Visión cuantitativa del cruce de información relevante para el modelado SMA en cadenas de suministro.	308
Tabla 6. Fases de modelado vs Aspectos relevantes.	310
Tabla 7. Elementos relevantes de las arquitecturas basadas en agentes para apoyar el modelado de cadenas de suministro colaborativas.	328
Tabla 8. Elementos de apoyo al modelado de procesos colaborativos en las diferentes topologías según una orientación de SMA.	340
Tabla 9. Relaciones entre los agentes y el tipo de colaboración según la topología.	347

4. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS MULTIAGENTE EN CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS

4.1 INTRODUCCIÓN

Los aspectos relevantes que se consideran en los procesos vinculados con la gestión de la cadena de suministro se relacionan, principalmente, con la planificación, la gestión de los inventarios y la gestión de los recursos, entre otros (como ya se ha visto en el Capítulo 2). Así mismo, el satisfacer la demanda de los clientes en la cantidad, el tiempo y la calidad adecuada es una problemática que las empresas buscan resolver de manera constante. Adicionalmente, cabe destacar que la complejidad del análisis de los procesos se incrementa cuando las empresas deben considerar las informaciones y las decisiones de otras empresas para poder desarrollar sus procesos internos, por ejemplo, de toma de decisión. Este intercambio de información, tal como se ha visto en el Capítulo 2 y el Capítulo 3, resulta ser un factor crítico a tener en cuenta para soportar los procesos internos de las empresas así como la definición de los dominios de modelado correspondientes. Por lo tanto, bajo el concepto de cadena de suministro, los nodos podrán desarrollar procesos iterativos de intercambio de información que faciliten la negociación y consecución de los acuerdos para apoyar la generación de planes de demanda más precisos y ajustados que permitan disminuir, por ejemplo, la incertidumbre debido a las irregularidades y variabilidades propias del entorno. Para esto los sistemas de información (SI) y, en general, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) cumplen un papel importante para apoyar el flujo de información entre los nodos de la cadena de suministro. Así, serán estos SI los que incorporen la lógica, las restricciones y los mecanismos de coordinación propios del entorno y, por tanto, del dominio de modelado.

Estos SI, en este contexto de la gestión de la cadena de suministro, considerarán los diferentes puntos de vista del entorno y, además, soportarán la integración entre los diferentes lenguajes de modelado y las TIC. Una de las TIC que ha cobrado gran relevancia en el último tiempo es aquella basada en los sistemas multiagente (SMA). Los SMA se pueden considerar como una TIC de apoyo al modelado para fortalecer la incorporación del dinamismo del entorno asociado a los nodos de la cadena de suministro. También resultan de gran utilidad para modelar los elementos sociales que se orientan a la representación de los deseos, los intereses y las creencias del entorno. Por consiguiente, el modelado basado en los SMA facilitará el entendimiento del sistema de forma simple y clara puesto que se consideran los diferentes puntos de vista de las especificaciones, las restricciones, los flujos, las estructuras, las funciones y los comportamientos del dominio de modelado.

Respecto al estudio de la literatura científica, se ha identificado que existen autores que, para soportar el modelado basado en SMA, desarrollan metodologías para establecer los requerimientos y los factores críticos de este modelado. Muchos de ellos consideran aquellos factores técnicos para el

modelado y la implementación de los SMA, mientras que otros aplican el modelado basado en SMA como apoyo a la gestión de los procesos de la cadena de suministro. Así, los SMA, de acuerdo con los procesos colaborativos estudiados en el Capítulo 2, se presentan como una TIC para favorecer la visión descentralizada y realista de la colaboración en la cadena de suministro. En este contexto, en relación con la vinculación y coordinación de los procesos de planificación de forma descentralizada en la cadena de suministro, es posible distinguir tres enfoques de modelado principales: la coordinación, los SMA y los modelos de programación matemática (**Dudek y Stadtler, 2005**). Respecto al enfoque de los SMA, la cadena de suministro estará compuesta por una serie de agentes inteligentes (o *software*) que serán responsables de una o más actividades para favorecer la interacción con otros agentes que se vinculan, por ejemplo, con los procesos de la planificación así como con la gestión y la ejecución de sus responsabilidades (**Fung y Chen, 2005**). Por su parte, **Galland et al. (2003)** consideran que los SMA son un paradigma de modelado que combina el modelado orientado a objetos distribuidos con algunos de los aspectos de la inteligencia artificial. Es por esto que los modelos basados en SMA ofrecen una buena aproximación al modelado de cadenas de suministro simples y complejas que consideran varios nodos como entidades autónomas y con varios niveles de flexibilidad (**Jain y Benyoucef, 2008**).

De acuerdo con esta perspectiva de agentes inteligentes como apoyo al modelado de los procesos colaborativos de la cadena de suministro, es posible decir que los SMA, así como los lenguajes de modelado y las TIC de apoyo a las infraestructuras de comunicación de la cadena, se presentan además como un soporte a la generación y consolidación de las arquitecturas, lo cual se atribuye a la noción de capas de conocimientos que consideran, por ejemplo, la capa de datos, comunicación, procesos y física. Además, desde el punto de vista de las arquitecturas de los SI, los SMA consideran que el intercambio de información y la relación entre los agentes individuales favorecen la colaboración y la cooperación entre los agentes y, por tanto, generarán soluciones mejores producto de considerar perspectivas más realistas, como por ejemplo las cadenas de suministro colaborativas de tipo descentralizada.

Por lo tanto, a partir del estudio de la literatura en relación con el modelado de cadena de suministro bajo la perspectiva de los SMA, se observa que las razones principales para considerar este tipo de enfoque de modelado son las siguientes:

- Los procesos que se vinculan con la toma de decisión de los nodos de la cadena de suministro considerarán comúnmente una orientación de tipo distribuida, donde cada nodo tendrá en cuenta sus propios objetivos (incorporando los factores sociales como los deseos, los intereses y las creencias de cada nodo) y las informaciones (soportando el intercambio de información desde puntos de vista secuenciales y/o concurrentes).

- Esta TIC, de apoyo al dominio de modelado, ofrece ventajas para reflejar el dinamismo asociado al comportamiento de cada nodo que se involucra en los procesos colaborativos de la cadena de suministro.

En relación con esto, el objetivo principal de este Capítulo se centra en el estudio de documentación científica que considere aspectos que se relacionan con “el qué” y “el cómo” los autores que se estudian tienen en cuenta los elementos relevantes del modelado basado en SMA para representar los SI empíricos y reales en el contexto de la gestión de cadenas de suministro colaborativas. Para la consecución de este objetivo, se identifica cómo los autores abordan los temas asociados con el modelado de la cadena de suministro basadas en SMA. Esto con la idea de relacionar los aspectos críticos que se vinculan con los procesos de negociación y coordinación entre los nodos de la cadena de suministro. Por lo que, se podrán identificar los tipos de agentes que se consideran para el modelado en el contexto del establecimiento de los protocolos que apoyan la comunicación y la colaboración entre los nodos.

Adicionalmente, es importante destacar que la literatura científica, respecto a los SMA en relación con sus estudios propios así como la aplicación de éstos, considera un volumen constante y dinámico (al alza) en cuanto a las aportaciones que se generan. Esto se debe principalmente a que cada día más los SMA resultan una TIC más llamativa y, sobre todo, versátil para modelar y representar los comportamientos diferentes del entorno. A raíz de esto, el presente capítulo considerará la utilización de tablas y descripciones narrativas para efectuar el análisis tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo con la idea de abordar la mayor información relevante posible en relación con la utilización de los SMA que soportarán los correspondientes Capítulo 6 y Capítulo 7 y, en gran medida, el Capítulo 5 para la definición de la arquitectura que de soporte al modelado de los procesos colaborativos.

La estructura de este Capítulo es como sigue. En primer lugar, se establecen las definiciones y los conceptos que se relacionan con la perspectiva de SMA en el contexto de la gestión de la cadena de suministro. A continuación, se identifican las metodologías, las arquitecturas, los mecanismos de coordinación y negociación para caracterizar los aspectos relevantes en el modelado de cadenas de suministro basadas en los SMA, con lo cual se presentan las ventajas y desventajas principales del modelado basado en SMA. Seguidamente, se estudian las referencias bibliográficas relevantes en relación con la aplicabilidad de los SMA en el modelado de los procesos colaborativos en las diferentes topologías de la cadena de suministro. Finalmente, se exponen las conclusiones de este Capítulo.

4.2 LOS SISTEMAS MULTIAGENTE EN CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS

Se habla de cadenas suministro colaborativas cuando la configuración de éstas consideran que uno o más nodos estarán dispuestos a colaborar e intercambiar la información entre ellos. Respecto a este intercambio, es posible decir que se llevará a cabo según normas y reglas de común acuerdo, por tanto el intercambio de información resulta del establecimiento de aquella información que es relevante intercambiar. De hecho, desde la perspectiva del intercambio de información, es posible decir que las relaciones de tipo colaborativas se orientarán, en gran medida, hacia la reducción de la incertidumbre en la información de los entornos, esto mediante el empleo de SI que consideren los procesos de negocio de los nodos de la cadena. En base a esto, se podrá generar una asignación eficiente de los recursos críticos, un incremento en los tiempos de respuesta y un incremento en la fiabilidad en relación con el funcionamiento de los mecanismos de la cadena de suministro (**Muckstadt et al., 2001**). Por su parte, **Simatupang y Sridharan (2002, 2005)** establecen que el concepto de cadena de suministro colaborativa implica: el intercambio de información, la sincronización de las decisiones y la asignación de incentivos, de modo que los nodos de la cadena de suministro tengan en cuenta estos conceptos para poder incrementar los beneficios propios como los de toda la cadena. Por lo que, bajo esta perspectiva de los SI, **Awa et al. (2010)** comentan que las cadenas de suministro colaborativas se soportarán por paquetes de *software* que apoyen la socialización, el intercambio de información y el establecimiento de directrices para asegurar un rendimiento óptimo en la cadena. Por lo tanto, se tratará de la integración de los recursos y la automatización de transacciones con tal de mejorar las ventajas competitivas de los nodos. Esta automatización de los procesos y las transacciones se logrará según la correcta segmentación e integración de la cadena desde el punto de vista de los clientes y los servicios (**Barrat, 2004**).

No obstante, paradójicamente, tal como señalan **Kampstra et al. (2006)**, el concepto de la cadena de suministro colaborativa no resulta ser fácilmente aplicable a las empresas que pertenecen a una cadena de suministro. Esto se debe, principalmente, a los siguientes aspectos: No siempre es posible asegurar el tiempo de respuesta entre los nodos por parte de los clientes y proveedores; la infraestructura de apoyo a las TIC suele ser costosa en cuanto a la implementación y el mantenimiento posterior; se requieren niveles elevados de confianza; la organización debe considerar un diseño orientado para soportar las políticas colaborativas entre las organizaciones; además, aunque las empresas colaboren, siempre existirá competencia entre ellas; y la configuración organizativa de la empresa no siempre estará dispuesta a someterse a cambios organizativos perjudicando los beneficios propios. Por lo que es fundamental encontrar las alternativas que, teniendo en cuenta los aspectos positivos y negativos de la colaboración en la cadena de suministro, permitan mejorar tanto el rendimiento de los nodos así como el de la cadena completa. **Whipple y Russell (2007)**

establecen que la colaboración que se base en la utilización de transacciones no requerirá de toma de decisiones conjuntas, sino que más bien permitirá que cada nodo de la cadena pueda interactuar de forma colaborativa e independiente.

Para lo anterior, es posible decir que la tendencia de las teorías de gestión de la cadena de suministro es hacia la descentralización de la información y, por tanto, hacia permitir que los nodos puedan actuar de manera independiente para gestionar sus procesos de toma de decisión. En este contexto, **Sadeh *et al.* (1999)** establecen que una de las mejores tecnologías para simular esta perspectiva de intercambio de información y la colaboración en la cadena de suministro son los SMA. Así, las contribuciones científicas en relación con esta tecnología se describirán en detalle en el presente apartado definiendo, primeramente, el concepto de agente, para luego dar paso al concepto de SMA y cómo esta se presenta como una tecnología idónea para el modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro. En este sentido, los siguientes sub-apartados, proporcionan las definiciones y los conceptos principales para el término de agente y multiagente, así como su aplicabilidad para el modelado de los procesos en cadenas de suministro.

4.2.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS

De acuerdo con **Yan *et al.* (2000)** los SMA son una rama de la inteligencia artificial distribuida. Estos sistemas representan un *hardware* o un sistema computacional basado en un *software* que posee la propiedad de autonomía, habilidad social, reactividad y pro-actividad. De esta manera, desde el punto de vista tecnológico, los SMA consideran el intercambio de información y las relaciones entre los agentes individuales. Por lo que, una de las características positivas de los SMA es que se orientan a la cooperación entre los agentes, lo que permite obtener soluciones para sistemas complejos descentralizados. Además, si bien los conflictos en un contexto de cooperación son inevitables, dadas las diferentes perspectivas que los agentes individuales pueden considerar, la teoría de la negociación es utilizada como método de apoyo a la resolución de los conflictos en este tipo de sistemas y configuraciones.

Brandolese *et al.* (2000) plantean que en los SMA la resolución de problemas se puede llevar a cabo de forma asíncrona paralela. Así, los SMA se pueden entender como una red acoplada de agentes que se encargan de resolver problemas de forma conjunta (**O'Hare y Jennings, 1996**). Por lo que se trata de una resolución distribuida de problemas. El término distribuido establece que tanto el control como los datos se encuentran dispersos (desde un punto de vista geográfico) entre diferentes unidades, entidades o nodos. De esta manera, para que los SMA sean capaces de resolver los problemas de forma coherente, éstos deben comunicarse unos con otros, coordinar las actividades y negociar entre ellos. Así, los SMA se consideran como la evolución del paradigma del desarrollo orientado a objetos (**Rumbaugh *et al.*, 1991**). Las bondades de los SMA se resumen en:

- La constitución natural de formas lógicas y físicas para resolver problemas distribuidos.
- No precisan ni de un control ni de un almacenamiento global de datos global.
- Apoyan el grado de la credibilidad y la robustez del sistema.
- El hecho de permitir la modularidad (es decir, que permite la segmentación de acuerdo con las funcionalidades y los intereses) apoya la extensibilidad de los agentes.
- Los problemas complicados/complejos, producto de configuraciones complejas, se pueden resolver de una forma rápida y robusta.
- Consideran una arquitectura simple y transparente de trabajo.

Respecto a las actividades que se vinculan a los agentes, **Kaihara (2003)** establece que, en término de los productos requeridos y suministrados, las actividades que se asocian a un agente se orientan a reducir la problemática de decisión cuando se ha de evaluar la adquisición de un producto u otro, de modo que los agentes consideren una evaluación común. Los SMA se pueden considerar como sistemas compuestos por muchos agentes, en donde éstos interactúan de acuerdo a diferentes modos de cooperación, competición y coexistencia. Por lo que los SMA se diferenciarán de un grupo de agentes independientes porque los primeros, a diferencia de los segundos, tienen la finalidad de desarrollar tareas de forma conjunta con tal de lograr un objetivo común. Esto hace que los SMA resulten interesantes producto de que favorecen el modelado de procesos de decisión desde un punto de vista distribuido, por lo tanto, consideran la modularidad de los modelos. Desde el punto de vista de la inteligencia artificial, **Reaidy et al. (2006)** establecen que los SMA resultan ser una de las arquitecturas de control más importantes para el soporte de las generaciones actuales y futuras de sistemas productivos complejos. Así, estas arquitecturas basadas en los SMA, en un contexto dinámico, consideran los comportamientos desde el punto de vista de las estructuras jerárquicas y *heterárquicas*. Esto debido a que existirán múltiples niveles en los que los agentes se podrán relacionar tanto entre niveles como en el mismo nivel, mientras que en una estructura *heterárquico* los agentes se comunicarán uno a uno en el mismo nivel sin que se considere una relación jerárquica predefinida para ellos. Por lo que resulta evidente que las perspectivas de los SMA consideren tanto a los agentes de forma individual como en su conjunto. Esto permitirá la consecución de metodologías de modelado, arquitecturas y, por lo tanto, identificar las maneras de apoyar la gestión de la cadena de suministro y los correspondientes procesos colaborativos y de decisión.

4.2.1.1 LOS AGENTES

De acuerdo con **Wooldridge y Jennings (1995)**, se plantea que el término “agente” se utiliza de manera muy extensa por diferentes tipos personas y organismos que trabajan en áreas relacionadas, por lo que encontrar una definición única, así como universal, resulta un desafío. En este sentido, se plantea que es posible distinguir dos usos de la terminología “agente”, la primera desde el punto de vista *soft* del *software* y la segunda desde un punto de vista *hard* del *software*.

Desde el punto de vista *soft*, el concepto de agente es utilizado para denotar un *hardware* o sistemas computacionales basados en *softwares* que consideran aspectos como:

- **Autonomía.** Los agentes operan según una intervención directa de los usuarios y posee algún tipo de control sobre sus acciones así como de sus estados internos (**Castelfranchi, 1995**).
- **Sociabilidad.** Los agentes interactúan con otros agentes (posiblemente con usuarios) según algún tipo de lenguaje de comunicación (**Genesereth y Ketchpel, 1994**).
- **Reactividad.** **Wooldridge y Jennings (1995)** comentan que los agentes perciben su entorno, ya sea a través del entorno físico, por medio de los usuarios, las interfaces gráficas, los grupos de agentes, Internet, o tal vez utilizando una combinación de los anteriores. Así, los agentes podrán responder oportunamente a los cambios del entorno.
- **Pro-actividad.** Los agentes no solo actúan y responden a su entorno, sino que también son capaces de considerar un comportamiento orientado a la consecución de sus metas.

Este punto de vista *soft*, según la terminología de agentes, se utiliza en disciplinas emergentes como la de ingeniería de *software* basada en agentes, en donde se establece que éstos se comunican con sus pares por medio del intercambio de mensajes. Por otro lado, el punto de vista *hard* establece el término de “agente” con un significado más específico. Así pues, un agente será un sistema informático que se implementará utilizando conceptos vinculados con el comportamiento humano. Por ejemplo, es común que en los sistemas de inteligencia artificial se caracterice a un agente utilizando nociones como el conocimiento, las creencias, las intenciones y las obligaciones (**Shoham, 1993**). Otros investigadores del área han ido más allá y han definido a los “agentes” como entidades emocionales (**Bates et al., 1992; Bates, 1994**).

Por su parte, **Franklin y Graesser (1996)** comentan que muchas de las personas involucradas en temas de agentes han propuesto definiciones que apoyan el uso de la palabra “agente”. Algunos ejemplos se citan a continuación.

- El término agente se utiliza para representar dos conceptos ortogonales. El primero respecto a la habilidad de los agentes para

realizar ejecuciones autónomas, y el segundo relacionado con la habilidad del agente para desarrollar razonamientos orientados al dominio (**Dejan *et al.* 1998**).

- Un agente es cualquier cosa capaz de percibir su entorno utilizando sensores para actuar en ese entorno de acuerdo a los resultados de sus mediciones (**Russel y Norving 1995**).
- Los agentes se dicen autónomos cuando se encuentran en un sistema computacional relacionado con algún entorno dinámico y complejo, percibiendo y actuando en el entorno de modo son capaces de cumplir una serie de objetivos o tareas.
- Un agente será una unidad de software persistente dedicada a un propósito específico. Al ser persistente, se hace la diferencia entre un agente y una subrutina. Los agentes, por tanto, tendrán sus propias ideas respecto a cómo cumplir sus tareas. Por lo que serán diferentes a las aplicaciones multifunción (**Smith *et al.* 1994**).
- Los agentes serán considerados como inteligentes si cumplen tres funciones: la percepción de las condiciones dinámicas del entorno, la realización de acciones que pueden afectar a las condiciones del entorno y la capacidad de razonar para interpretar las percepciones para resolver problemas y realizar inferencias respecto a determinadas acciones (**Hayes-Roth 1995**).
- Los agentes serán considerados como *softwares* cuando su codificación utilice un dialogo orientado a la negociación y la coordinación para la transferencia de la información (**Coen 1994**). En este sentido, algunas características de los agentes de tipo *software* son:
 - Se orientan hacia la aceptación del dialogo, por lo tanto no se utilizan comandos para establecer su funcionamiento, sino que se establecen conversaciones. Esto hace que los patrones de comunicación de los agentes sean complejos.
 - Consideran una orientación de carácter autónomo e inteligente, por lo cual pueden responder a estímulos complejos según la utilización de comportamientos sofisticados.
 - Se consideran robustos por su condición de autonomía y porque realizan actividades para responder a cambios inesperados en el entorno.
 - Pueden emplear técnicas formales de aprendizaje y recolectar datos mientras están en ejecución. Es decir, poseen memoria y poseen la capacidad de cambiar sus ciclos de actividades según las nuevas condiciones que se han incorporando al entorno.
 - Están distribuidos a través de una red, por lo que su comportamiento podrá tener efectos locales y globales.

Así es como **Dastani *et al.* (2003)** plantean que, dado el creciente aumento de modelos de negocio de tipo electrónico, una gran cantidad de

sociedades y comercios electrónicos compiten por obtener un posicionamiento mejor en el mercado. Así, debido a su condición autónoma y persistente, los agentes podrán entrar y abandonar el sistema de manera arbitraria, con lo cual su participación en los mercados financieros resultará de especial relevancia (**Dellarocas y Klein, 1999**). Esta situación deja de manifiesto la necesidad de obtener sistemas que sean capaces de aceptar la libre participación de agentes diferentes y heterogéneos. Estos sistemas heterogéneos se deben caracterizar por los aspectos siguientes: considerar participantes heterogéneos, un nivel de confianza limitada, metas individuales conflictivas y una probabilidad alta de inconformidad en las especificaciones (**Artikis y Pitt, 2001**). Por lo tanto, los agentes deben soportar los sistemas abiertos así como los tradicionales sistemas cerrados. Los SMA son una de las aproximaciones más prometedoras para la creación de los sistemas abiertos. Esto se debe a su habilidad para reorganizarse de forma dinámica frente a los posibles problemas que éstos puedan sufrir (**Jennings, 1998**). De esta manera, el siguiente sub-apartado, se centra en la descripción y definición de los SMA como una extensión y utilización más compleja del concepto de agente por sí solo.

No obstante, tal como lo establecen **Wooldridge y Jennings (1995)**, el concepto de agente es ampliamente utilizado por lo que no es fácil encontrar una única definición que sea universalmente aceptada. Y, aunque si bien esto no es del todo un problema, existe el peligro de que el concepto de "agente" se transforme en un concepto poco claro, ambiguo, y de uso abusivo, provocando de esta manera confusiones a la comunidad investigadora.

A continuación, la Tabla 1 resume algunas de las definiciones e interpretaciones más relevantes del concepto de agente según la literatura, así como también se presenta el vínculo de estas definiciones con las cuatro características de un agente planteadas por **Wooldridge y Jennings (1995)**, como son: autonomía, sociabilidad, reactividad y proactividad .

Tabla 1. Definiciones e interpretaciones relevantes del concepto de agente.

Autor	Definiciones e interpretaciones	Tipos de agente
Castelfranchi (1992)	Herramientas para el control de interacciones entre entidades para detectar y predecir las relaciones de dependencia entre éstos.	Social Reactivo
Smith <i>et al.</i> (1994)	Son unidades de <i>software</i> persistente, es decir, diferentes a un simple código, que se dedican a un propósito específico. Por lo tanto, un agente tiene su propia idea de cómo llevar a cabo y planificar sus tareas.	Autónomo Social Reactivo Pro-activo
Hayes-Roth (1995)	Se entienden como sistemas inteligentes y adaptativos que se orientan a construir, de manera explícita, guías de planes de control para los comportamientos objetivos del entorno.	Autónomo Pro-activo
Russel y Norving (1995)	Un agente será todo aquello que percibe y actúa en un entorno.	Autónomo Pro-activo
Wooldridge y Jennings (1995)	Entidades con capacidades de incorporar la lógica, el dinamismo y los formalismos propios del entorno. Por lo tanto, un agente podrá incorporar las creencias, los deseos y las intenciones de las entidades que conforman el dominio de modelado.	Autónomo Social Reactivo Pro-activo
Franklin y Graesser (1996)	Es un sistema que se ubicará dentro de un entorno para, al mismo tiempo, interactuar y formar parte de éste. De esta manera, los agentes serán capaces de buscar más agentes en su entorno y podrán planificar sus propias actividades teniendo en cuenta la información de los demás.	Autónomo Social
Milojicic <i>et al.</i> (1998)	Un agente será un programa computacional que actuará de forma autónoma en representación de personas u organizaciones. La mayoría de los agentes se interpretan mediante lenguajes de programación para soportar su portabilidad.	Autónomo Reactivo
Sadeh <i>et al.</i> (1999)	Los agentes serán entidades informáticas que se podrán ver desde dos perspectivas, de bajo y alto nivel. Los agentes de alto nivel son aquellos que tienen los elementos de coordinación para soportar la planificación táctica o estratégica de los módulos de programación. Por otro lado, los agentes de bajo nivel son típicamente aquellos que soportan la planificación y la programación de los módulos con información a corto plazo.	Autónomo Social Reactivo Pro-activo
Brandolese <i>et al.</i> (2000)	Entidades orientadas a desarrollar actividades de comunicación, coordinación y negociación para resolver conflictos.	Autónomo Pro-activo
Sierra <i>et al.</i> (2002)	Entidades capaces de capturar y representar los diferentes roles del entorno.	Autónomo Social
Kaihara <i>et al.</i> (2003)	Entidades que agrupan actividades para reducir la complejidad de los problemas y apoyar el proceso de toma de decisión	Autónomo

Autor	Definiciones e interpretaciones	Tipos de agente
Pavón y Gomez-Sanz (2003)	Modelo que se orienta a describir las tareas, los objetivos, los estados mentales y los roles que se consideran en el dominio.	Autónomo Social
Lee y Hwang (2004)	Es una solución tecnológica para soportar la flexibilidad de los servicios en entornos móviles.	Autónomo Social Pro-activo
Jung <i>et al.</i> (2008)	Serán aquellas entidades que se orientan a maximizar su propio beneficio o a reducir sus costes teniendo en cuenta que para conseguir esto deben colaborar con otros agentes.	Autónomo Social Pro-activo
Hernández <i>et al.</i> (2009a)	Entidades organizadas para soportar procesos colaborativos.	Autónomo Social Reactivo Pro-activo
Hernández <i>et al.</i> (2010)	Unidades informáticas para soportar las diferentes capas de las arquitecturas informáticas (datos, información, comportamientos e instancias)	Autónomo Social

Tal como se ha visto en la Tabla 1, las definiciones de agentes consideran aspectos como la definición de entidades, la organización de éstas y la interpretación de los agentes como unidades de software para soportar su movilidad en los diferentes entornos. Principalmente, los agentes, consideran los comportamientos y, por tanto, los roles característicos que se identifican en el dominio de modelado correspondiente. Esto quiere decir que los agentes serán unidades genéricas que podrán desarrollar roles diferentes para resolver o llevar a cabo actividades y situaciones diferentes. Finalmente, respecto a las características de los agentes definidas por **Wooldridge y Jennings (1995)**, se puede decir que la más relevante es la de autonomía. Es decir, que un agente, de por sí, se debe considerar como una unidad independiente y capaz de desarrollar sus actividades con los recursos de los que dispone. Seguidamente, la característica de pro-actividad tiene un gran protagonismo. Esto se debe a que una de las características fundamentales de los agentes es su capacidad para entender el entorno y actuar de manera pro-activa con los demás agentes del entorno. La idea principal se sustenta en el hecho de que cada agente buscará conseguir sus propios beneficios con tal de lograr sus objetivos al mínimo coste. Por lo tanto, el agente será pro-activo para evaluar cuando dejar de ganar a favor de otro para mejorar sus beneficios. Finalmente, las características de social y reactivo, son las menos consideradas aunque no por ello son las menos importantes. Así, cuando un agente pertenezca a un entorno se considera social. Además, si sabe reaccionar frente a los comportamientos y requerimientos de los demás agentes, se dirá que es reactivo.

4.2.1.2 LOS SISTEMAS MULTIAGENTE

Teniendo en cuenta las definiciones de agentes, y las características que éstos pueden considerar, es posible decir que los SMA son una herramienta para apoyar el modelado de la organización. Por ejemplo, para modelar los mecanismos de negociación y los flujos vinculados a los procesos de la cadena de suministro. En este sentido, una cadena de suministro (bajo una perspectiva colaborativa) puede modelarse en base a los procesos de intercambio de información. En este caso, los nodos (interpretados como agentes o un conjunto de éstos) podrán colaborar en los procesos de planificación y toma de decisión. Un SMA se orienta a identificar y establecer los elementos tecnológicos principales de un sistema así como sus relaciones. Por lo que, bajo el contexto del paradigma del agente, un entorno SMA permitirá el modelado, la definición y la simulación de los procesos vinculados, por ejemplo, con la gestión de la cadena de suministro (**Bousqueta y Le Pague, 2004; Shen et al., 2006**). Esto se apoya con la utilización de representaciones bajo una programación orientada a objetos que **ODell y Parunak (2000)** definen como la notación del paradigma de los SMA, en donde es posible abarcar aspectos de manera simultánea englobando criterios, restricciones y comportamientos de varios agentes.

Uno de los primeros SMA es presentado por **Ba et al. (1997)** quienes, bajo una perspectiva de la gestión de la cadena de suministro, presentan una arquitectura del tipo cliente-agente-servidor. En esta arquitectura los elementos principales que se consideran para el apoyo eficaz y coordinado de las operaciones de acceso se basan en del intercambio de información. Seguidamente, y en el contexto de la cadena de suministro, **Ulieru et al. (2000)** establecen que los SMA estarán compuestos por tres capas principales: la coordinación, la comunicación y la cooperación. A partir de esto, **Chang et al., (2004)** proponen un modelo basado en SMA con la finalidad de la memoria organizacional en las cadenas de suministro. Para esto, se consideran dos capas. En primer lugar la capa de almacenamiento, donde se gestionan los repositorios de información y la capa de procesos, que se encarga de representar: el conocimiento, el dominio de modelado, las tareas y los mecanismos vinculados a los procesos y las estructuras. Estos mecanismos, tal como propuesto por **Chang et al., (2004)**, se apoyan por los agentes que conforman el sistema. Algunos ejemplos de estos agentes son los de tipo: colaboradores, negociadores, procesadores de registros y objetos. Desde un punto de vista estructural, las organizaciones se pueden considerar como un conjunto de entidades, o agentes, que se relacionan según tipos de agregación, herencias, recursos, objetivos y tareas. Por lo que se podrán establecer relaciones entre los flujos y las normas sociales del entorno **Pavón y Gómez-Sanz (2003)**.

Por lo tanto, y de acuerdo con la perspectiva sólida y robusta que presentan los SMA, **Nahm y Ishikawa (2005)** consideran que las tecnologías para apoyar la interacción de la empresa, en cuanto a sus funciones y recursos (para apoyar la integración y colaboración en un contexto de red), los SMA son capaces de exhibir comportamientos iterativos e híbridos, de modo que podrán existir múltiples funciones vinculadas a

cada agente. Esto implica que un agente bajo el contexto de los SMA, podrá desempeñar un sinnúmero de funciones dependiente del rol que le corresponda en un instante dado. En este contexto, **Chen et al. (2008)** presentan un modelo que no considera flujos continuos de información (desacoplado) y que, además, se basa en una perspectiva estándar para soportar los protocolos de comunicación (federado) con la idea de gestionar los procesos de la cadena de suministro según una perspectiva de SMA. Por su parte, **Hernández et al. (2010)** definen una arquitectura interoperable basada en los SMA en donde se utilizan ontologías estándar para apoyar la colaboración en la cadena de suministro. Cada agente perteneciente al sistema resulta ser una instancia de una estructura genérica. Adicional a esto, cabe destacar que bajo el concepto de la definición de ontologías, **Saad et al. (2008)** definen un modelo de negociación en tres capas para apoyar la flexibilidad de los procesos de la cadena de suministro, estas capas son: la negociación, la semántica y la capa de gestión del conocimiento del sistema. Se destaca que los SMA se presentan como una perspectiva genérica de modelado.

Desde este punto de vista genérico, los modelos de SMA, dada su versatilidad, pueden utilizarse como modelos tecnológicos para la gestión de los procesos de la cadena de suministro para identificar los elementos y sus relaciones, de acuerdo con esto, la Tabla 2 presenta un resumen de las aportaciones relevantes desde un punto de vistas cualitativo, en donde se tienen en cuenta las consideraciones principales para apoyar el modelado basado en los SMA en la cadena de suministro. Las columnas, o campos, de esta Tabla presentan los aspectos relevantes que se consideran y que, a *posteriori*, apoyarán la consecución de una propuesta de arquitectura empresarial (ver Capítulo 5) para el modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, así como su desarrollo e implementación basada en sistemas multiagentes (ver Capítulo 6). Estos campos se comentan a continuación:

- **Autores.** Este campo presenta el listado de los autores estudiados en el ámbito de los SMA y su vinculación con la gestión de la cadena de suministro.
- **Ámbito que se considera.** De acuerdo con la información estudiada, es posible establecer el tipo de problemática, el dominio o el ámbito.
- **Nivel de decisión.** Aquí se considera si, en base al ámbito, se tiene en cuenta un nivel de decisión estratégico, táctico y/o operativo.
- **Entidades de la cadena de suministro que se considerarán.** De acuerdo con la problemática planteada por los autores, se presentan los agentes asociados a cada entidad de la cadena de suministro.
- **Técnica de modelado asociada.** Señala las técnicas de modelado que se utilizan.

- **Negociación.** Identifica si se considera un proceso de negociación y cuáles son los criterios que se tienen en cuenta.
- **Tipo de interacción.** Especifica cómo los nodos de la cadena de suministro se relacionan y, por tanto, define el tipo de interacción existente entre los agentes bajo el cual se favorece la transmisión de información. Los tipos de interacción, de acuerdo con **Lejeune y Yakova (2005)**, se pueden clasificar en comunicación, coordinación, colaboración y co-opetición.
- **Mecanismos de coordinación.** Se identifican las normas y los permisos establecidos entre las entidades. Estos permisos se denominan reglas o contratos que rigen a los mecanismos de coordinación.

Cabe destacar que los recuadros en blanco indican que el autor no especifica con claridad, o de forma explícita, dicha característica.

Tabla 2. Aspectos relevantes para el modelado basado en MAS en cadenas de suministro colaborativas.

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
Castelfranchi (1992)	Agentes que operan bajo la intervención directa del usuario			- Sistema basado en software		- Coordinación - Colaboración	
Coen (1994)	Negociación y coordinación de transferencia de información.	- Táctico.		- Modelos conceptuales	X	- Coordinación - Colaboración - Colaboración	
Smith <i>et al.</i> (1994)	Diferencia entre agente y sub-rutina			- Simulación		- Coordinación	
Hayes-Roth (1995)	Agentes inteligentes	- Táctico.		- Modelos conceptuales		- Coordinación - Colaboración - Colaboración	
Russel y Norving (1995)	Agentes en su entorno		- Clientes. - Transporte			- Coordinación - Colaboración - Colaboración	
Wooldridge y Jennings (1995)	Clasificación de agentes según punto de vista <i>soft</i> y <i>hard</i> .	- Estratégico. - Táctico		- Estructura de datos		- Coordinación	
Franklin y Graesser (1996)	Definiciones de agentes		- Usuario final.	- Árbol jerárquico		- Coordinación	
Cooper <i>et al.</i> (1997)	Gestión de la cadena de suministro.		- Proveedor. - Usuario final.				

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
Milojicic <i>et al.</i> (1998)	Agentes de razonamiento orientado al dominio de modelado.			- Modelos conceptuales		- Coordinación	
Jennings (1998)	SMA en sistemas abiertos			- Modelos conceptuales	X	- Coordinación - Colaboración	
Kjenstad D. (1998)	Gestión de la cadena de suministro	- Táctico		- Modelos conceptuales		- Comunicación - Colaboración	
Parunak y VanderBok (1998)	Gestión de a cadena de suministro	- Estratégico - Táctico - Operativo		- Modelos conceptuales		- Comunicación	
Chen <i>et al.</i> (1999)	Construcción de protocolos de conversación para agentes en cadenas de suministro.		- Abastecimiento. - Bienes. - Comprador. - Fabricante.	- Modelos conceptuales	X	- Comunicación - Coordinación - Colaboración	
Sadeh <i>et al.</i> (1999)	Arquitectura basada en agentes para cadenas de suministro	- Táctico	- Programador. - Planificador. - Analista	- Modelos conceptuales	X	- Coordinación - Colaboración	

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
Fox <i>et al.</i> (2000)	Cadenas de suministro.		<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de pedidos. - Logística. - Transporte. - Programación. - Recursos. - Envío 	<ul style="list-style-type: none"> - Modelos conceptuales. - Diagrama de estados 		<ul style="list-style-type: none"> - Comunicación - Coordinación - Colaboración - Co-opetitividad 	Coordinación de comportamientos de agentes para apoyar la integración del sistema.
Brandolese <i>et al.</i> (2000)	Distribución de capacidad en sistemas distribuidos	<ul style="list-style-type: none"> - Táctico - Operativo 		- Modelos conceptuales	X	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinación - Colaboración 	
Yan <i>et al.</i> (2000)	Gestión de proyectos		<ul style="list-style-type: none"> - Recursos. - Servicios 	<ul style="list-style-type: none"> - Modelos conceptuales. - Diagrama de estados 		- Colaboración	
Grolik y Stockheim (2001)	Cooperación en las cadenas de suministro		<ul style="list-style-type: none"> - Proveedores. - Clientes - Socios comerciales 	- AUML		<ul style="list-style-type: none"> - Coordinación - Colaboración 	
Julka <i>et al.</i> (2002)	Marco de trabajo unificado para modelar, monitorear y gestionar la cadena de suministro.	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégico. - Táctico 	<ul style="list-style-type: none"> - Vendedor. - Comprador 	- Modelos conceptuales	X	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinación - Colaboración 	

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
Odell <i>et al.</i> (2002)	Modelado de agentes y su entorno	- Estratégico. - Táctico. - Operativo		- Modelos conceptuales		- Coordinación - Colaboración - Co-opetitividad	
Sierra <i>et al.</i> (2002)	Metodología de modelado basado en ecuaciones			- Modelos conceptuales		- Colaboración	
Cavalieri <i>et al.</i> (2003)	Implementación de la coordinación considerando aspectos verticales y laterales.		- Usuario final. - Producción. - Comercial. - Consumidor final. - Proveedor. - Monitor.	- Modelos conceptuales	X	- Coordinación	Coordinación vertical y horizontal entre componentes bajo una perspectiva de cadena descentralizada.
Dastani <i>et al.</i> (2003)	Cadena de suministro.	- Estratégico - Táctico. - Operativo		- Modelos conceptuales	X	- Comunicación - Colaboración	
Galland <i>et al.</i> (2003)	Simulación de sistemas industriales	- Estratégico - Táctico. - Operativo		- Modelos conceptuales. - UML		- Comunicación - Coordinación - Colaboración	
Kaihara <i>et al.</i> (2003)	Cadenas de suministro	- Táctico. - Operativo	- Proveedor. - Fabricante. - Cliente	- Modelos conceptuales	X	- Comunicación - Coordinación - Colaboración	

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
Karageorgos <i>et al.</i> (2003)	Establecimiento de la cooperación en un sistema fabricante – proveedor.			- Modelos conceptuales - Diagrama de interacción	X	- Comunicación - Coordinación - Colaboración	
Pavón y Gomez-Sanz (2003)	Generación y gestión de proyectos basados en agentes.	- Estratégico		- Modelos conceptuales. - UML		- Comunicación - Colaboración	
Azevedo <i>et al.</i> (2004)	Gestión de pedidos, transformación y transporte de productos.	- Táctico.	Unidades de negocio que existen en la cadena.		X	- Comunicación - Coordinación - Colaboración - Co-opetitividad	
Hadeli <i>et al.</i> (2004)	Coordinación de SMA	- Operativo.		- Modelos conceptuales	X	- Comunicación - Coordinación - Colaboración	Utiliza el mecanismo del tipo <i>food foraging ants</i> u hormigas conductoras. En este caso, cada hormiga tiene dos estados. El saliente y el entrante. Además, las hormigas dispersan la información, con lo cual la información de tipo global se hace accesible de modo local.

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
Lee y Hwang (2004)	Arquitectura de modelado para evaluar el diseño de agentes	- Estratégico		- Modelos conceptuales - UML		- Comunicación - Coordinación - Colaboración - Co-opetitividad	Se utilizan mecanismos de coordinación como protocolos de conocimiento para controlar las secuencias de interacción y gestionar los conflictos entre los agentes.
Nishioka (2004)	Propuesta de arquitectura para la programación de la producción	- Estratégico. - Operativo	- Proveedor. - Cliente.	- Modelos conceptuales - Diagramas de interacción	X	- Comunicación - Colaboración	
Schenneweiss y Zimmer (2004)	Mecanismos de coordinación jerárquica en cadenas de suministro	- Estratégico - Táctico. - Operativo	- Proveedor. - Cliente.	Modelos conceptuales	X	- Comunicación - Coordinación	Se utilizan mecanismos de control operativos para gestionar información local privada entre clientes y proveedores.
Allwood y Lee (2005)	Cadenas de suministro competitivas en entornos dinámicos.	-Táctico. - Operativo.	- Consumidor. - Proveedor. - Vendedor	-Modelo matemático. - Modelo de simulación		- Comunicación	

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
Caridi <i>et al.</i> (2005)	Gestión de la cadena de suministro (contexto CPFR).	- Estratégico - Táctico. - Operativo	-Detallista. - Fabricante	- Modelos conceptuales	X	- Comunicación - Colaboración	Se utiliza un mecanismo de coordinación que se orienta a monitorizar las actividades de los agentes en los niveles superiores e inferiores de la cadena de suministro.
Chan y Chan (2005)	Redes de cadenas de suministro de fabricación			- Diagramas de flujo	X	- Comunicación - Colaboración	Se establece una coordinación de elementos en un entorno de plataforma virtual cooperativa para incrementar el nivel de respuesta entre los <i>partners</i> de la cadena de suministro.
Deshpande <i>et al.</i> (2005)	Sistemas basados en protocolos de red	- Estratégico		- Modelado estructurado		- Comunicación	El mecanismo de entrega soporta el intercambio de recursos entre los nodos de la cadena.
Excelente-Toledo y Jennings (2005)	Coordinación apoyada por el aprendizaje			- Modelos matemático		- Comunicación - Coordinación	Gestionar diferentes tipos de independencia entre agentes cuando éstos tienen objetivos en común e intercambian recursos y

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
							objetivos..
Jung y Jeong (2005)	Sistema de planificación de la producción distribuida – descentralizada.	- Táctico - Operativo	- Fabricante. - Proveedor	- Modelos conceptuales. - Modelos matemáticos. - Diagramas de flujo.	X	- Comunicación - Coordinación	
Lejeune y Yakova (2005)	Cadena de suministro	- Estratégico - Táctico. - Operativo	- Proveedor. - Fabricante. - Distribuidor. - Cliente.	- Modelos conceptuales	X	- Comunicación - Coordinación - Colaboración - co-opetitividad	Facilitar el intercambio de información y la integración entre los procesos de negocio en la cadena de suministro.
Lau <i>et al.</i> (2006)	Cadena de suministro	- Táctico. - Operativo	- Gestorador. - Contratista. - Agente intermedio.	- Modelos conceptuales - Modelos matemáticos		- Comunicación - Colaboración	Soporte a la planificación centralizada donde se comparte la información entre los agentes en un entorno distribuido de cadena de suministro.

Autores	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena	Técnica de modelado asociada	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismos de coordinación
Raidy <i>et al.</i> (2006)	Protocolos de negociación en sistemas de fabricación dinámicos	- Táctico	- Fabricante.	- Modelos conceptuales	X	- Comunicación - Colaboración	
De la Fuente y Lozano (2007)	Aplicación de la inteligencia artificial distribuida para gestionar el efecto <i>bullwip</i> en la cadena de suministro.	- Táctico - Operativo	- Fabricante. - Vendedor. - Detallista. - Cliente.	- Modelado analítico - Algoritmos genéticos		- Comunicación	
Jung et al (2008)	Planificación de entidades de transporte en cadenas de suministro descentralizadas	- Táctico - Operativo	- Cliente. - Proveedor	- Modelado analítico - Diagramas de flujo	X	- Comunicación - Colaboración	Soporte al intercambio de información para el proceso de toma de decisión descentralizado.
Hernández et al. (2009a)	Modelado de procesos colaborativos descentralizados	- Táctico	- Cliente. - Cliente/proveedor - Proveedor	- Modelos conceptuales. - Modelos UML. - Modelos BPMN. - Modelos IDEF0.	X	- Comunicación - Colaboración	Intercambio de información paralelo y distribuido para soportar la planificación colaborativa descentralizada.
Hernández et al. (2010)	Planificación colaborativa en cadenas de suministro descentralizadas	- Táctico	- Cliente. - Cliente/proveedor - Proveedor	- Modelos conceptuales. - OWL-S	X	- Comunicación - Coordinación - Colaboración - Co-opetitividad	

La Tabla 2 destaca que la mayoría de los autores consideran un planteamiento estratégico-táctico para modelar y plantear soluciones a la problemática de planificación y coordinación en la cadena de suministro basadas en los SMA. Los agentes que se consideran en el modelado de SMA presentan una relación alta con los nodos que se identifican en la cadena de suministro. Otro aspecto importante es la definición de los niveles de decisión asociados con cada nodo. Estos niveles de decisión (estratégico, táctico y operativo) repercuten en el modelado de modo que el establecimiento de los agentes se asocia con el vínculo a estos niveles de decisión. Respecto a la identificación de interacciones, la coordinación y la comunicación son los factores que se consideran en mayor medida en el modelado de SMA, esto se debe a que los agentes, para representar un compartimiento, han de considerar las propiedades de autonomía, sociabilidad, reactividad, pro-actividad. Otro aspecto relevante que se ha detectado, es la consideración de las representaciones conceptuales. El modelado de SMA considera, en primer lugar, una caracterización conceptual de la problemática, estableciendo las normas, las creencias y los deseos de los agentes y, sobre todo, cómo éstos generan los diferentes flujos de información que apoyan a los procesos de comunicación y negociación entre los nodos según la perspectiva colaborativa de la cadena de suministro.

Desde un punto de vista cuantitativo, según las dimensiones que se estudian en la Tabla 2, se establece lo siguiente:

- **Ámbito que se considera.** Tal como definido por **Hernández et al. (2008)**, el ámbito es un factor importante en el modelado de los procesos, ya que permite obtener una visualización del conjunto de elementos y relaciones que apoyarán las fases de modelado. En este sentido, es posible definir el tipo de problema y el dominio o el ámbito de la aplicación que se considera. Los ámbitos que se han detectado (ver Figura 1) son: el estudio de la conducta de los agentes (CS1), la cadena de suministro (CS2), la comunicación entre los agentes (CS3), la arquitectura del SMA (CS4), el desarrollo de la aplicación del SMA (CS5) y la aplicación del SMA (CS6). En este caso, tal y como se observa en la Figura 1, el 20% de los autores consideran el aspecto CS1, el 25% de los autores consideran el aspecto CS2, el 10% de los autores consideran el aspecto CS3, el 8% de los autores consideran el aspecto CS4, el 25% de los autores consideran el aspecto CS5 y, por último, el 20% consideran el aspecto CS6.
- **Nivel de decisión.** Esta categoría hace referencia al nivel de toma de decisión en que se enmarca el problema. De acuerdo con el horizonte de planificación, son tres los niveles de decisión los que se pueden considerar. (estratégico, táctico y operativo). Según esto, estos los niveles, así como sus combinaciones, presentes en la literatura revisada son (ver Figura 2) los siguientes: estratégico (DL1), táctico (DL2), operativo (DL3), estratégico-táctico-operativo (DL4), estratégico-táctico (DL5),

estratégico-operativo (DL6), táctico-operativo (DL7) y, finalmente, sin especificar (NE-DL), que identifica aquellos autores que no definen un horizonte de planificación dado. Por lo tanto, de acuerdo con la Figura 2, DL1 es considerado en un 5% de los autores, DL2 aparece en el 15% de los casos, DL3 en un 3%, el 18% de los autores consideran DL4, 5% de los autores establecen DL5, DL6 aparece sólo un 3% entre los autores, con un 18% DL7 se establece por los autores y, finalmente, el 35% de los autores no definen el nivel de toma de decisión (NE-DL).

- **Entidades de la cadena de suministro.** Esta dimensión hace referencia a la parte de la cadena de suministro que considera y modela el sistema según una perspectiva de SMA. Las configuraciones principales detectadas (ver Figura 3) son: cliente, distribuidor, fabricante y proveedor. Por lo tanto, en función de la literatura revisada, las dimensiones se resumen en: cliente (CSCE1), cliente-distribuidor (CSCE2), cliente-proveedor (CSCE3), cliente-fabricante (CSCE4), cliente-distribuidor-fabricante (CSCE5), cliente-fabricante-proveedor (CSCE6) y aquellas que no especifican una configuración de forma explícita (NE-CSCE7). En este caso, y de acuerdo con la Figura 3, se puede observar que el 3% de los autores consideran la configuración CSCE1, el 10% considera CSCE2, el 18% CSCE3, el 15% CSCE4, el 13% CSCE5 y la configuración CSCE6 se considera en un 15%. Finalmente, el 28% de los autores no especifica de forma explícita una configuración (NE-CSCE).
- **Lenguaje de modelado.** Esta dimensión está relacionada con los lenguajes de modelado principales que se han tenido en cuenta por los autores para el modelado de los SMA. Éstas se resumen en (ver Figura 4): modelos conceptuales (MT1), modelos de simulación (MT2), estructuras de datos (MT3), árboles jerárquicos (MT4), diagramas de datos (MT5), AUML (MT6), modelos matemáticos (MT7) y aquellos que no especifican un lenguaje estándar (NE-MT). En este contexto, tal como se observa en la Figura 4, el 58% de los autores consideran el lenguaje de modelado tipo MT1, el 4% considera el de tipo MT2, el 6% considera lenguaje MT3, el 2% incorpora el lenguaje MT4 en sus modelos, el 2% considera el MT5, el 17% utiliza un lenguaje de modelado tipo MT6, mientras que el 8% de los autores consideran el lenguaje vinculado con los MT7. Finalmente, un 2% de los autores no se especifica un lenguaje de modelado estándar (NE-MT).
- **Negociación.** Este aspecto indica el hecho de que los autores consideren de forma explícita el establecimiento de criterios para interactuar y conseguir acuerdos entre los participantes de la cadena de suministro DSC-N o componentes del sistema. En este caso, el 72% de los autores consideran una orientación de

modelado que soporte dicha interacción entre las entidades. Mientras que el 28% de los autores no consideran de forma explícita dicha interacción (Figura 5).

- Mecanismos de coordinación.** Cada vez que un nodo de la cadena de suministro tiene que recibir o enviar información, tendrá que hacerlo teniendo en cuenta una serie de normas y permisos que, previamente, deben haberse establecido entre las entidades y, por lo tanto, en la propia cadena de suministro. En este caso, los mecanismos de coordinación se orientan mayoritariamente a soportar los flujos de información y a cómo éstos se gestionan por cada agente. El objetivo de principal de estos mecanismos de coordinación se centra en dar soporte a cada agente para que éstos interactúen con los demás agentes del entorno. En este caso, el 28% de los autores establecen de forma específica un mecanismo de coordinación, mientras que el 73% restante no considera dichos mecanismos explícitamente (Figura 6).

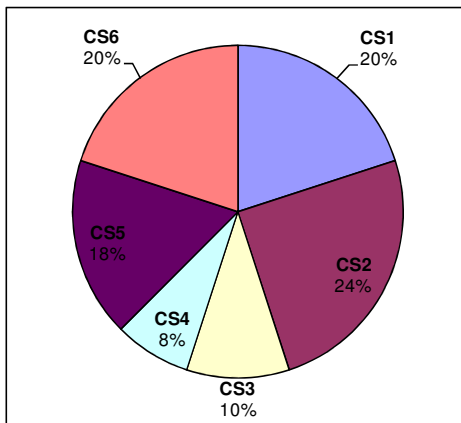


Figura 1. Ámbito que se considera.

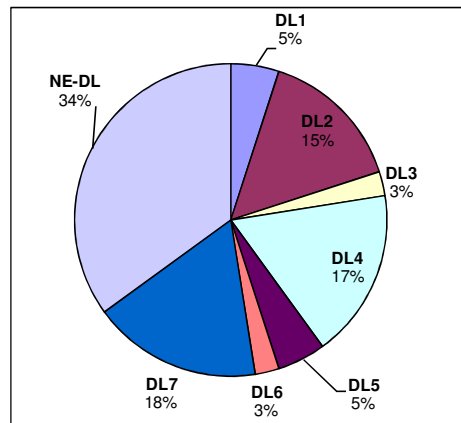


Figura 2. Nivel de decisión.

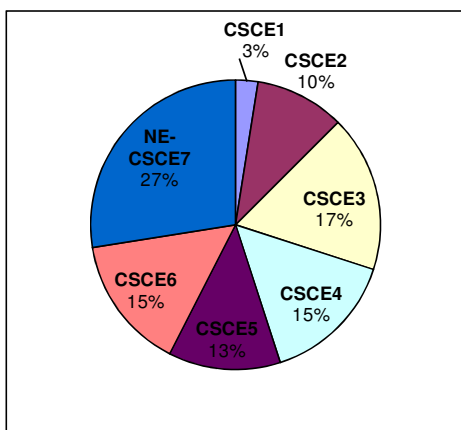


Figura 3. Entidades de la cadena de suministro.

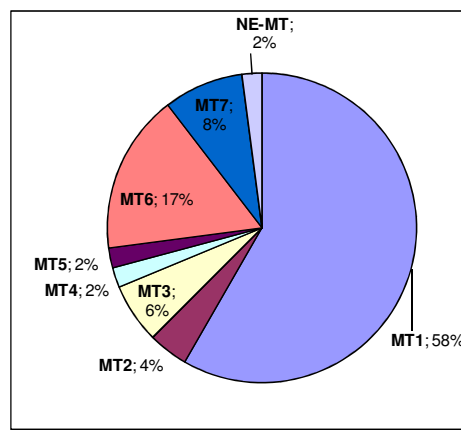


Figura 4. Lenguaje de modelado.

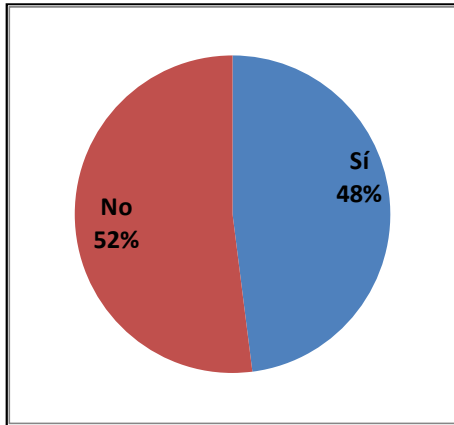


Figura 5. Negociación.

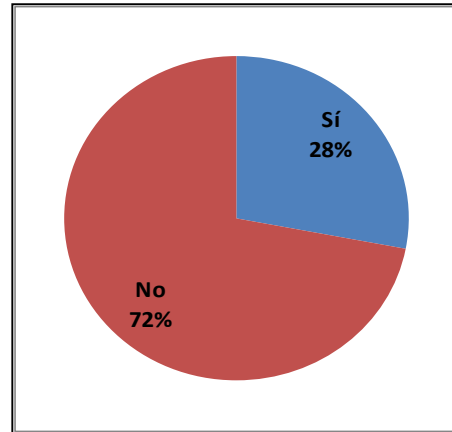


Figura 6. Mecanismos de coordinación.

Respecto al análisis anterior, es posible argumentar que la mayoría de los autores para el desarrollo de sus modelos basados en SMA para cadenas de suministro, no consideran el establecimiento de una definición de agente, lo cual se debe a que utilizan las definiciones existentes producto de que están orientados hacia el establecimiento del modelo básico de agentes para apoyar las estructuras existentes. Además, se destaca el hecho de que, en su mayoría, el alcance se orienta a apoyar la gestión de la cadena de suministro en relación con los procesos relativos a la resolución de problemas en las diferentes configuraciones de cadena de suministro. Por otra parte, la literatura científica señala que los niveles de toma de decisiones táctico-operativos (DL7) son los que más se tienen en cuenta por los autores. Este hecho presenta a los SMA como una técnica adecuada para el modelado de la planificación de la producción, la cual en la mayoría de los casos vincula el nivel táctico con el operativo. Respecto a las entidades que se tienen en cuenta, se extrae el hecho de que las entidades que mayor se tienen en cuenta en los SMA para el apoyo del modelado de la cadena de suministro son el cliente, el proveedor y el fabricante, así como una combinación de ellos. En cuanto a los lenguajes de modelado, la mayor parte de los autores consideran el modelado conceptual para apoyar la metodología y conceptualización del problema.

Otro aspecto importante que se considera (en el contexto del lenguaje de modelado) es la utilización del lenguaje de modelado UML basado en agentes, también denominado AUML (según visto en el Capítulo 3) en donde todos los agentes definen y describen sus mecanismos de interacción y la secuencia de sus actividades. Por último, teniendo en cuenta una visión global de las perspectivas consideradas en la utilización de SMA en la cadena de suministro, es posible establecer que el diseño e implementación de los SMA en cadena de suministro, deberá considerar el establecimiento de las interacciones entre los agentes para soportar el desarrollo de procesos interactivos, como por ejemplo de negociación, y el establecimiento de protocolos de comunicación que permitan, por ejemplo, desarrollar el modelado de procesos colaborativos en la cadena de suministro. Para lo anterior, es importante tener en cuenta una serie de pasos y reglas,

deseablemente estándar, para considerar una base homogénea en el modelado de los procesos de la cadena de suministro según una perspectiva SMA.

Además, tal como lo establece **Stadtler (2000)**, la gestión de la cadena de suministro se puede definir como la tarea de integrar unidades organizacionales y coordinar los flujos de materiales, financieros y de información para mejorar la competitividad en el contexto de un mejor nivel de servicio y eficiencia en los costes asociados para toda la cadena. Es por esto que, además de la utilización de los SMA para apoyar el diseño, el modelado y la implementación de los procesos en la cadena de suministro, también existe una rama muy importante dedicada a la definición y el establecimiento de metodologías orientadas a apoyar, por un lado, la conceptualización de los procesos bajo una perspectiva de SMA y, por otro lado, para entregar pautas estándar a los modeladores quienes deberán, o bien transmitir estos modelos a otras entidades de la misma cadena o dominio, o bien mantenerlos y actualizarlos en el tiempo. El siguiente subapartado se centra en el estudio de dichas metodologías, actualmente presentes en la literatura y de relevancia para los entornos SMA en cadena de suministro.

4.2.2 METODOLOGÍAS EXISTENTES BASADA EN MULTIAGENTES

Una metodología establece una forma de hacer las cosas con la idea principal de estandarizar (o normalizar) los procedimientos relacionados con una actividad determinada, con lo que se consigue un entendimiento mejor de las acciones a ejecutar y de los resultados a presentar (**Hernández et al., 2008**). Por lo que a continuación, teniendo en cuenta un orden cronológico, se presentan las metodologías más relevantes encontradas en la literatura científica y que se orientan hacia el modelado basado en SMA. Las metodologías más relevantes encontradas en la literatura científica se presentan en la Tabla 2 y se comentan a continuación. Las dimensiones bajo las cuales se estudian las metodologías se explican seguidamente.

- **Nombre de la metodología.** En algunos casos, los autores definen un acrónimo específico para referenciar su metodología, mientras que en otros casos no. Por lo que esta dimensión indica el acrónimo con el que se define la metodología.
- **Problemática que estudia.** Identifica el ámbito de estudio bajo el cual se enmarca la metodología.
- **Numero de fases.** Identifica cuántas fases considera cada metodología con la finalidad de visualizar si considera una orientación general o específica. Además, teniendo en cuenta los entornos diferentes bajo los cuales un SMA se puede implementar, las metodologías podrán ser de carácter secuencial o no secuencial en el desarrollo de fases.
- **Nombre de las fases.** Vincula el objetivo a conseguir con el desarrollo de cada fase.

- **Orientación de la metodología.** Podrá ser de tipo: conceptual, tecnológica, experimental o una combinación de ellas.
- **Aplicación a procesos de la gestión de la cadena de suministro.** Identifica si la metodología propuesta por los autores presenta alguna aplicabilidad para apoyar la gestión de la cadena de suministro.

Tabla 3. Metodologías de apoyo al modelado de procesos según una perspectiva SMA.

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Demazeau (1995)	VOWEL ENGINEERING	Desarrollo de componentes individuales en cada una de las fases para su posterior reutilización.	4 No secuenciales	- A (de agentes) - E (de entorno) - I (de interacciones) - O (de organización)	Conceptual Tecnológica	NO
Kendall et. al (1996)	KENDALL-MALKOUN-JIANG	Ingeniería de software para el diseño de los SMA.	3 Secuenciales	- Modelado - Diseño - Implementación	Tecnológica	NO
Kinny y Georgeff (1996)	BDI AGENTS	Utilizar las tecnologías orientadas a objetos para el desarrollo de modelos basado en SMA.	2 No secuencial	- Aspectos internos: Modelo de creencias Modelo de objetivos Modelo de planes - Aspectos externos: Modelo de agentes Modelo de interacción	Conceptual Tecnológica	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Iglesias <i>et al.</i> (1998)	Mas-CommonKads	Extender la metodología de ingeniería del conocimiento CommonKADS hacia la utilización de técnicas orientadas a objetos y utilización de protocolos.	7 No secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo de coordinación - Modelo de comunicación - Modelo de diseño - Modelo de tareas - Modelo de aprendizaje - Modelo de organización - Modelo de agentes 	Conceptual Tecnológica	NO
Ferber y Gutknecht (1998)	AALAADIN	Apoyar la descripción sencilla de esquemas de negociación y coordinación por medio de los SMA.	2 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel concreto, <ul style="list-style-type: none"> Definir los conceptos básicos de los agentes Definir grupos Definir roles, - Nivel metodológico <ul style="list-style-type: none"> Define los roles Define interacciones válidas Define estructuras de organización 	Conceptual	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Miyashita (1998)	CAMPS	Establecer un método adecuado para resolver de forma satisfactoria la planificación y programación de forma distribuida sin perder de vista la calidad de las soluciones.	2 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de agentes de primer nivel para descomponer el problema. - Definición de agentes de nivel inferior para resolver dichos sub-problemas 	Tecnológica	NO
Parunak y Vanderbok (1998)	DASCH	Especificación de agentes para modelar cadenas de suministro.	2 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Definir el sistema - Asignar agentes al sistema 	Conceptual Tecnológica	SI
Nwana <i>et al.</i> (1999)	ZEUS	Establecer un marco tecnológico que soporte la creación de sistemas colaborativos de agentes, de modo que los agentes logren sus objetivos de forma compartida.	6 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio del dominio e identificación de los agentes - Definición de los agentes - Organización de agentes - Definición de tareas - Coordinación de agentes - Generación del código y establecimiento de la implementación 	Conceptual Tecnológica Experimental	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Sadeh <i>et al.</i> (1999)	MASCOT	Proporcionar un marco de trabajo para el desarrollo y la manipulación coordinada de soluciones de planificación y coordinación en múltiples niveles de abstracción de una cadena de suministro.	5 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer las problemáticas para reflejar el estado inicial de resolución de problemas. - Seleccionar una o más problemáticas para resolver - Seleccionar el método de resolución - Aplicar el método de resolución - Ejecutar el problema con las soluciones propuestas 	Conceptual Tecnológica Experimental	SI
Omicini (2000)	SODA	Utilización de agentes en sistemas basados en las conexiones de Internet.	2 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis - Diseño 	Tecnológica	NO
Wooldridge <i>et al.</i> (2000)	GAIA	Aplicación de los sistemas multiagente a situaciones MACRO (sociedades) y MICRO (individuos).	3 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Crear el modelo de agentes - Desarrollar el modelo de servicio que de cuenta de las actividades, protocolos, niveles de seguridad y propiedades de los roles que considerarán los agentes - Desarrollar el modelo de interacción de agentes en base a la situación actual 	Conceptual	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Bauer <i>et al.</i> (2001)	AIP	Extender el modelado basado en los diagramas UML para dar soporte a la interacción que presentan los agentes de acuerdos con los protocolos que se consideran.	6 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer los roles de los agentes. -Establecer las líneas de acción de los agentes y las interacciones de éstos. -Interpolar los protocolos a las jerarquías identificadas. - Extender la semántica del lenguaje UML - Establecer los parámetros de entrada y salida para la jerarquía de protocolos. - Generar plantillas de protocolos de acuerdo con los patrones detectados. 	Tecnológica	NO
Caire <i>et al.</i> (2001)	MESSAGE/UML	Apoyar la ingeniería de sistemas de software basados en agentes.	5 No secuenciales	Generar: <ul style="list-style-type: none"> - Vista organizacional - Vista de tareas y metas - Vista de agentes y roles - Vista de interacciones - Vista de dominio 	Conceptual Tecnológica	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Gupta <i>et al.</i> (2001)	SCADAS	La utilidad de la movilidad de los agentes para el diseño e implementaciones de apoyo a la gestión de la cadena de suministro.	3 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento de los protocolos de comunicación. - Establecimiento de las interacciones. - Desarrollar y aplicar el software. 	Tecnológica	SI
Wood y DeLoach (2001)	MASE	Considerando la especificación inicial de un sistema, se proporciona un apoyo gráfico a los desarrolladores de SMA.	5 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> -Establecer las metas. -Aplicar casos de uso. -Ajustar los roles. -Crear las clases de Agentes. - Construir las Conversaciones. 	Conceptual Tecnológica	NO
Zice <i>et al.</i> (2001)	ZICE-SHENGPING-RUNTAO-MANSOOR	Desarrollo de tecnologías y aplicaciones basadas en sistemas multiagente para apoyar los procesos de coordinación.	4 No secuenciales	Identificar aspectos relacionados con: <ul style="list-style-type: none"> - Tiempo real - Globalidad - Seguridad - Simultaneidad 	Conceptual Tecnológica	SI

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Bresciani <i>et al.</i> (2002)	TROPOS	Construcciones de modelado basado en SMA considerando las especificaciones iniciales del sistema.	5 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos iniciales - Requerimientos finales - Diseño de la arquitectura - Diseño detallado - Implementación 	Tecnológica Experimental	NO
Gomez <i>et al.</i> (2002)	INGENEAS	Establecer meta-modelos basados en SMA para describir el problema.	5 No secuenciales	Describir: <ul style="list-style-type: none"> - Agentes aislados, - Organizaciones de agentes - el entorno - Interacciones entre agentes o roles - Tareas y objetivos 	Tecnológica	NO
Huget (2002)	UML Agent	Extender el uso de UML orientado a objetos hacia su utilización en el modelado de SMA.	10 No secuenciales	Establecer: <ul style="list-style-type: none"> - Diagramas de secuencia - Diagramas de colaboración - Diagramas de actividad - Diagramas de estado 	Conceptual Tecnológica Experimental	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
				<ul style="list-style-type: none"> - Diagramas de casos de uso - Diagramas de clases - Diagramas de objetos - Diagramas de paquetes - Diagrama de componentes - Diagramas de desarrollo 		
Sierra <i>et al.</i> (2002)	SADDE	Establecer un modelo basado en SMA considerando como premisa la existencia de un modelado basado en ecuaciones matemáticas	4 Secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Modelado basado en ecuaciones. - Modelo basado en instituciones electrónicas. -Modelo basado en agentes. -Modelo basado en sistemas multiagentes. 	Conceptual Tecnológica Experimental	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Yan <i>et al.</i> (2002)	ROMAS	Especificación de roles para el modelado de SMA considerando el modelado orientado a objetos.	6 Secuenciales	(1) Establecer los casos de uso. (2) Identificar los roles (3) Desarrollar la organización de roles. (4) Para cada rol, si el agente correspondiente no existe entonces ir a (5), sino I. Asignar el rol al agente II. Describir las propiedades dinámicas entre los roles y los agentes III. ir a (6) (5) Generar los agentes; Ir a (4). (6) Generar el código de los agentes que soportara el rol asignado.	Conceptual Tecnológica Experimental	NO
Bernon <i>et al.</i> (2003)	ADELFE	Diseño de SMA adaptativos.	4 Secuenciales	- Flujo de requerimientos - Flujo de análisis - Flujo de diseño - Implementación y chequeo de los flujos	Conceptual Tecnológica	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
Dikenelli y Erdur (2003)	SABPO	Identificar los requerimientos asociados a los protocolos de interacción durante el diseño del sistema basado en SMA.	2 Secuenciales	- Fase de análisis - Fase de diseño	Conceptual	NO
Padgham y Winikoff (2003)	PROMETEUS	Desarrollo de agentes inteligentes	3 No secuenciales	- Especificación del sistema - Diseño de la arquitectura - Diseño detallado	Conceptual Tecnológica	NO
Chella (2004)	PASII	Desarrollar de manera ágil modelos basados en SMA.	4 Secuenciales	Establecer modelos de: - Requerimientos - Sociedad de agentes - Código - Chequeo	Conceptual	NO
Dangelmaier <i>et al.</i> (2005)	MASSCOP	Modelar redes de agentes y SMA en un entorno de tiempo real	4 No secuenciales	- Establecer características comunes - Establecer el modelo de	Experimental	NO

Autor	Nombre de la metodología	Problemática que estudia	Numero de fases	Nombre de las fases	Orientación de la metodología	Aplicación a procesos de planificación en la gestión de la cadena de suministro
				agentes - Delimitar el entorno - Establecer los registros		
Lian y Shatz (2006)	MMCCMAS	Dar soporte a los conflictos de control presentes en un sistema multiagente	5 Secuenciales	- Establecer el modelo de requerimientos y de vocabulario. - Diseñar los planes locales para cada agente. - Obtener los requerimientos de los recursos a partir de los planes locales - Diseñar el coordinador - Establecer el plan global.	Conceptual	NO
Hernández et al. (2009b)	SCAMM-CPA	Planificación colaborativa en la cadena de suministro	Secuencial		Conceptual	Sí

De las metodologías estudiadas (Tabla 3), es posible observar que éstas consideran las perspectivas conceptuales, tecnológicas y/o experimentales. Se destaca que la mayoría se orientan hacia el tipo tecnológico y el conceptual, debido a que los objetivos del modelado basado en SMA, considera tanto la conceptualización del dominio como la tecnología a utilizar. Además, es posible decir que el modelado basado en agentes considera en la metodología dos perspectivas. La primera estará en función del desarrollo secuencial de las fases, y la segunda no considera una secuencia pre-determinada en el desarrollo de sus fases, por lo que es posible visualizar que las metodologías basadas en SMA presentan un alto nivel de flexibilidad. Esta flexibilidad se presenta debido a que el modelado basado en SMA se orienta hacia la consecución de las características del entorno desde las perspectivas mencionadas.

Por lo tanto, y de acuerdo con el objetivo de establecimiento de procesos de planificación descentralizados y colaborativos, para apoyar los procesos de gestión de las cadenas de suministro, la metodología de modelado desde una perspectiva de SMA deberá considerar: la conceptualización de la cadena y de los nodos, la identificación de los nodos asociados a la cadena de suministro, la particularización y/o la *parametrización* de aquellos factores que inciden de forma directa en el comportamiento de la cadena, el establecimiento de las relaciones entre los algoritmos de comportamiento, la identificación de los agentes y sus características, así como sus comportamientos, el establecimiento del modelo basado en SMA, el desarrollo de la aplicación que genere un soporte robusto al SMA, la consideración de experimentos y las propuesta de mejora y, finalmente, la validación del modelo.

4.2.3 ASPECTOS RELEVANTES PARA EL APOYO DEL MODELADO BASADO EN AGENTES

A partir de la información de la Tabla 1, la Tabla 2 y la Tabla 3, es posible extraer los aspectos que se consideran más importantes y relevantes para la elaboración de modelos de cadenas de suministro colaborativas basados en SMA. Así, con el objetivo de apoyar el posterior desarrollo del Capítulo 6 y Capítulo 7, estos aspectos se explican a continuación.

A. Conceptualizar. Uno de los aspectos más importante para el modelado y el diseño de un sistema conformado por entidades, procesos, decisiones, relaciones, departamentos, etc. es la visualización global del sistema o dominio de modelado. Esta visualización persigue definir los conceptos principales que se identifican en él. Para esto es necesario identificar el ámbito o sector que se va a estudiar con el objetivo de entender mejor cómo se desarrollan las actividades. Este entendimiento, tal como establecido por (Lario y Vicens, 2006) puede considerar cinco enfoques orientados hacia la visualización de la organización, los recursos, la información, las decisiones y los productos que se contemplan en el entorno. De esta manera, según lo establecido por AMICE (1993) en el modelo CIMOSA, la vista de organización permitirá la observación de las

responsabilidades de acuerdo con el proceso de la toma de decisión, la vista de recursos permitirá la observación de los recursos vinculados con el dominio y que son necesarios para llevar a cabo los procesos de la cadena de suministro, la vista de información permitirá la observación de la estructura de la información utilizada y generada en las distintas actividades. Seguidamente, respecto a la vista de decisión, **Vernadat (1996)** establece que se utilizará para identificar aquellas decisiones que soportan las actividades de los nodos de la cadena y, finalmente, la vista de producto proporcionará los aspectos relevantes a los procesos como su flujo dentro del nodo, las rutas, la geometría, etc.

- B. Identificar los nodos de la cadena de suministro.** Una cadena de suministro se conformará por una serie de componentes que, de una u otra manera, se interrelacionan para dar cabida a las diferentes vistas mencionadas anteriormente. Estos componentes que interactúan se denominan nodos, siendo el cliente, el fabricante y el proveedor los más comunes de encontrar cuando se habla de una cadena, por ejemplo, de fabricación.
- C. Particularizar y parametrizar.** Tal como plantean **Schenneweiss y Zimmer (2004)**, las relaciones que cada nodo de la cadena de suministro posee, se pueden *parametrizar* para visualizar aquellos factores de apoyo al proceso de toma de decisión en cada nodo y en la cadena completa. Así es como se establece que la *parametrización* se vincula con el desarrollo de modelos analíticos. Esto implica la identificación de las variables, los parámetros, las funciones objetivos y las restricciones.
- D. Establecer y relacionar los algoritmos.** En función de los parámetros de la cadena de suministro que se hayan identificado, resulta necesario el establecimiento de la dinámica de éstos, así como definir su utilización de estos. De esta manera, se podrán identificar qué comportamientos repercuten más o menos en las variables de decisión vinculadas con el modelo de comportamiento dado.
- E. Identificar los agentes y sus características.** En este caso, se trata de identificar cómo los autores, bajo la perspectiva de la gestión de la cadena de suministro, identifican y clasifican los agentes que utilizan para identificar, definir y modelar el dominio. En base a esto, será posible establecer los requerimientos iniciales para el modelado basado en SMA de la cadena de suministro.
- F. Identificar el comportamiento de los agentes.** Una vez se han identificado los agentes, se ha de establecer “el cómo” los agentes interactuarán según sus precondiciones e intereses. Esto con la finalidad de favorecer el cumplimiento de sus objetivos personales así como los del entorno. La identificación de este comportamiento se vincula, por lo general, con un diagrama que representa de forma gráfica las causas y los efectos debido a la realización de las actividades asociadas a los agentes. Un ejemplo de este tipo de diagrama son los diagramas de flujo y los diagramas UML de interacción, este último al ser utilizado para la

representación del comportamiento de SMA se denomina AUML (según ya visto en el Capítulo 3).

- G. Modelado basado en agentes.** El modelado basado en agentes puede considerar varias perspectivas de modelado. Por ejemplo de modelado conceptual, de simulación, arquitectura técnica y empresarial, entre otras. No obstante, en cualquiera de ellas se ha de expresar cómo los agentes se relacionan, interactúan e influyen sobre los demás agentes así como también sobre el entorno. Esta dimensión, principalmente, se trata de entregar una visión integrada de los flujos de información y los comportamientos que dan paso a la ejecución de los procesos en la cadena de suministro.
- H. Desarrollo de la aplicación basada en agentes.** Para esta característica se identifica si los autores han desarrollado alguna aplicación teniendo en cuenta la filosofía del modelado en agentes para apoyar el desarrollo de soluciones en relación con la gestión de la cadena de suministro.
- I. Propuestas de mejora y desarrollo de experimentos.** Con la idea de identificar las inconsistencias en el desarrollo de la aplicación basada en agentes, se deben desarrollar una serie de experimentos que, en función de los resultados, permitirán establecer cómo está funcionando la aplicación y, por consiguiente, el modelado de los agentes según las interpretaciones conceptuales inicialmente establecidas. En función de esto, se podrán establecer futuros caminos a seguir, siendo uno de ellos las propuestas de mejoras a la situación actual.
- J. Validaciones.** La fase de validación resultará ser transversal a las demás fases, por tanto, se identifica si los autores consideran esta validación en sus propuestas.

De esta manera, y teniendo en cuenta los mismos autores seleccionados y estudiados en la Tabla 2 para apoyar un estudio comparativo, se expresa de forma cuantitativa (ver Tabla 4), cómo los autores consideran los diferentes aspectos planteados para apoyar los procesos de modelado de la cadena de suministro según una perspectiva SMA.

Tabla 4. Aportaciones de los autores a los aspectos relevantes para el modelado basado en sistemas multiagente.

Autores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Castelfranchi (1995)	X			X	X	X	X	X		
Cohen (1994)	X		X	X	X		X	X		
Smith <i>et al.</i> (1994)	X						X	X	X	
Hayes-Roth (1995)	X			X			X	X	X	
Russel y Norving (1995)	X			X					X	
Wooldridge y Jennings (1995)	X			X			X	X		
Franklin y Graesser (1996)	X						X			
Cooper <i>et al.</i> (1997)	X	X						X	X	
Milojicic <i>et al.</i> (1998)	X	X		X			X	X		
Jennings (1998)	X	X					X		X	
Kjenstad D. (1998)	X	X	X		X	X	X		X	X
Parunak y VanderBok (1998)	X	X	X				X		X	X
Chen <i>et al.</i> (1999)	X	X	X	X			X		X	
Sadeh <i>et al.</i> (1999)	X	X			X	X	X		X	X
Fox <i>et al.</i> (2000)	X	X	X	X			X	X	X	X
Brandolese <i>et al.</i> (2000)	X	X		X		X	X	X		
Yan <i>et al.</i> (2000)			X	X			X	X		
Grolik y Stockheim (2001)		X			X	X	X	X	X	
Julka <i>et al.</i> (2002)		X					X	X		
Odell <i>et al.</i> (2002)	X				X	X	X	X		
Sierra <i>et al.</i> (2002)	X		X				X			
Cavalieri <i>et al.</i> (2003)	X	X	X		X	X	X	X	X	
Dastani <i>et al.</i> (2003)	X		X	X	X	X	X			
Galland <i>et al.</i> (2003)	X	X	X	X	X	X	X			
Kaihara <i>et al.</i> (2003)	X	X	X	X	X	X	X			
Karageorgos <i>et al.</i> (2003)	X	X			X	X	X	X	X	
Azevedo <i>et al.</i> (2004)	X	X			X	X	X	X		
Chan y Chan (2005)	X	X	X	X			X		X	
Hadeli <i>et al.</i> (2004)		X	X	X	X	X	X		X	X
Lee y Hwang (2004)			X		X		X		X	X
Nishioka (2004)	X		X	X	X		X			
Schenneweiss	X	X	X				X			

Capítulo 4 - Estado del arte sistemas multiagente en cadenas de suministro colaborativas

Autores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
y Zimmer (2004)										
Allwood y Lee (2005)		X	X	X			X	X	X	
Caridi <i>et al.</i> (2005)	X	X					X		X	X
Deshpande <i>et al.</i> (2005)	X		X				X		X	X
Excelente-Toledo y Jennings (2005)	X		X	X	X	X	X		X	X
Jung y Jeong (2005)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lejeune y Yakova (2005)	X	X					X			
Lau <i>et al.</i> (2006)	X	X	X	X			X		X	
Raidy <i>et al.</i> (2006)	X	X	X				X	X	X	X
	81,0%	59,5%	52,4%	47,6%	40,5%	35,7%	90,5%	45,2%	54,8%	23,8%

Respecto de la Tabla 4, se observa que la mayoría de los autores consideran el desarrollo de modelos y aplicaciones basadas en SMA en un contexto de la gestión de la cadena de suministro. La utilización de lenguajes de modelado para la representación y el modelado de los agentes apoyará la conceptualización del dominio de modelado. Aspectos como la validación o la identificación del comportamiento de los agentes son considerados en menor medida. Esto se debería, posiblemente, a que estos elementos están implícitos en las fases de modelado y, por tanto, se consideran de manera intrínseca a los SMA.

Por lo tanto, a partir de la información presentada en la Tabla 2, así como además teniendo en cuenta los aspectos relevantes de la Tabla 4, es posible identificar las relaciones entre las informaciones y los aspectos relevantes de ambas tablas. Dado que la información de la Tabla 2 y la Tabla fueron dispuestas de modo que las columnas sean excluyentes entre ambas tablas, será posible establecer un cruce de información para conocer lo que la mayoría de los autores consideran para el modelado basado en SMA. En este contexto, la Tabla 5 entrega información respecto del resultado de cruzar las relaciones encontradas, para todos los autores (A_i) para cada aspecto principal y cada fase de acuerdo a la documentación estudiada (ver Figura 7). Por lo que, de forma porcentual, $T_\alpha B_\beta$ presenta las cantidades de observaciones en la que existen coincidencias para las informaciones contenidas en la Tabla 2 (o T) y en la Tabla 4 (o B) para sus correspondientes columnas α o β .

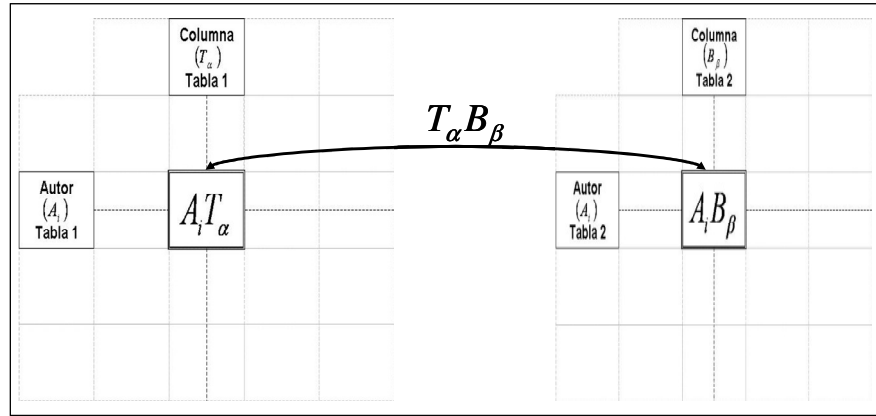


Figura 7. Equivalencia entre autores y Tablas.

Este porcentaje $T_\alpha B_\beta$ (ver Ecuación 1) representa, por lo tanto, el nivel de coincidencias de los autores para los conceptos estudiados en ambas tablas (Tabla 2 y Tabla 3 en este caso). Por lo tanto, proporcionará un apoyo al modelado de la cadena de suministro bajo una perspectiva de SMA debido a que permitirá encontrar aquellos factores y elementos críticos del modelado basado en SMA desde dos puntos de vista. El primero desde la perspectiva del soporte al modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro y, el segundo, desde el punto de vista de los elementos relevantes de las diferentes metodologías para el modelado de SMA.

$$T_\alpha B_\beta = \frac{\sum_{i=1}^{i=NA} (A_i T_\alpha \times A_i B_\beta)}{\sum_{i=1}^{i=NA} A_i} \times 100 \quad (1)$$

No obstante, los valores que se presentan han de considerarse únicamente como una guía de apoyo al modelado, pues dependerá de cada situación particular en la que se modele si un factor posee más o menos importancia. Por lo que, la tabla resultado de este cruce de información se presenta de forma genérica en la Figura 8.

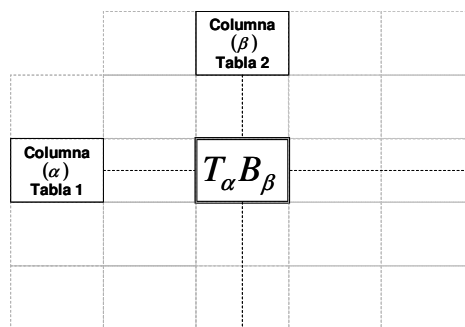








































































Figura 8. Expresión algebraica de equivalencia entre la Tabla 2 y la Tabla 4.

Seguidamente, para cuantificar los resultados obtenidos, se propone una estratificación de los resultados según una serie de rangos (ver Ecuación 2) que deja de manifiesto el porcentaje de autores que consideran de forma simultánea aspectos vinculados a ambas tablas. El resultado se presenta en la Tabla 5. Esta tabla será el resultado producto de la ponderación establecida para cada estratificación según los rangos establecidos (Peón = 2, Caballo = 3, Alfil = 4, Torre = 5, Reina = 6, Rey = 7).

$$T_{\alpha} B_{\beta} = \left\{ \begin{array}{lll} \text{Nulo} & , \nabla & T_{\alpha} B_{\beta} = 0 \% \\ \text{♟} & , \nabla & 0 \% < T_{\alpha} B_{\beta} \leq 10 \% \\ \text{♞} & , \nabla & 10 \% < T_{\alpha} B_{\beta} \leq 30 \% \\ \text{♝} & , \nabla & 30 \% < T_{\alpha} B_{\beta} \leq 50 \% \\ \text{♜} & , \nabla & 50 \% < T_{\alpha} B_{\beta} \leq 70 \% \\ \text{♚} & , \nabla & 70 \% < T_{\alpha} B_{\beta} \leq 90 \% \\ \text{♗} & , \nabla & T_{\alpha} B_{\beta} > 90 \% \end{array} \right. \quad (2)$$







































































Tabla 5. Visión cuantitativa del cruce de información relevante para el modelado SMA en cadenas de suministro.

Fases	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismo de coordinación
Conceptualizar (A)							
Identificar nodos de la cadena de suministro (B)							
Particularizar y parametrizar (C)							
Establecer y relacionar los algoritmos (D)							
Identificar los agentes y sus características (E)							
Identificar el comportamiento de los agentes (F)							
Modelado basado en agentes (G)							
Desarrollo de la aplicación basada en agentes (H)							
Propuestas de mejora y desarrollo de experimentos (I)							
Validaciones (J)							

De los resultados obtenidos (Tabla 5), es posible identificar que el modelado basado SMA considera como aspecto principal el ámbito, el lenguaje de modelado, y el tipo de interacción que los agentes consideran. Por otra parte, aspectos como las definiciones y el establecimiento de ventajas y desventajas no son de mucha relevancia para los autores. De esta manera, tal como se observa en la Tabla 6, las fases A y G son aquellas que se presentan en una mayor cantidad de veces por los autores y, por tanto, es posible discernir que serán aquellas fases críticas en el modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva de SMA.

De acuerdo con todo lo anterior, es posible visualizar que el modelado basado en agentes cobra importancia en las fases iniciales y finales del modelado. Esto debido a que una vez definidos los agentes, es necesario definir los comportamientos así como implementar los mecanismos que apoyarán los procesos de toma de decisión correspondientes. Respecto a las fases de experimentos, se puede decir que éstas constituyen las fases de validación en relación con el desarrollo de la herramienta, con lo cual el modelo será aplicable a otros dominios y configuraciones.

Tabla 6. Fases de modelado vs Aspectos relevantes.

Fases	Ámbito que se considera	Nivel de decisión	Entidades de la cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Negociación	Tipo de interacción	Mecanismo de coordinación
Conceptualizar (A)							
Identificar nodos de la cadena de suministro (B)							
Particularizar y parametrizar (C)							
Establecer y relacionar los algoritmos (D)							
Identificar los agentes y sus características (E)							
Identificar el comportamiento de los agentes (F)							
Modelado basado en agentes (G)							
Desarrollo de la aplicación basada en agentes (H)							
Propuestas de mejora y desarrollo de experimentos (I)							
Validaciones (J)							

Por lo tanto, respecto al modelado de la cadena de suministro bajo una perspectiva de SMA, así como también respecto a las metodologías de modelado estudiadas, es posible decir que a nivel cualitativo (Tabla 1 y Tabla 2), la característica que más se ha considerado por los autores se vincula con la identificación de un lenguaje de modelado, tal como corroborado por la Tabla 6. Según esto, el modelado basado en SMA implicará establecer los pasos a seguir en función de los objetivos planteados. Estos objetivos son: la consecución de un modelo que presente un mínimo coste en su implementación y la visualización temprana de errores para evitar correcciones futuras debido a detecciones de errores en fases tardías del modelado.

4.3 LOS SISTEMAS MULTIAGENTE COMO APOYO A LA GESTIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS

La gestión de la cadena de suministro, además de considerar el control de los procesos en función de los pedidos y la respuesta entre clientes y proveedores para cumplir la demanda de uno o varios clientes finales, también considera las TIC como apoyo a los procesos de gestión, tanto de la cadena completa como de cada nodo. En este sentido, **Monczka et al. (1998)** plantean que la gestión de la cadena de suministro, de forma tradicional, requerirá de información estratificada y clasificada (por ejemplo de los materiales) para informar a los ejecutivos responsables de la coordinación de los procesos, así como también de aquella información común entre los proveedores y las diferentes capas de información de la cadena de suministro. Por lo tanto, la gestión de la cadena de suministro, bajo la noción de TIC, será un concepto, cuyo primer objetivo será integrar y gestionar los recursos informáticos, los flujos de información y, por consiguiente, el control los materiales utilizando una perspectiva total del sistema a través de, por ejemplo, múltiples funciones y niveles de proveedores. En este contexto, **Kjenstad (1998)** plantea que las necesidades básicas de la cadena de suministro serán las de mejorar la calidad de los productos, reducir los tiempos de recepción de información proveniente del mercado, reducir los costes de producción, reducir los retrasos, etc., las cuales dependerán de los ajustes organizacionales en los nodos de la cadena, así como de las relaciones e interdependencias entre las diferentes organizaciones teniendo en cuenta tanto factores internos (propios de los procesos de cada nodo) como externos (factores propios del entorno y que son transversales a los procesos de los nodos). Esto, posteriormente, se traduce en la identificación de los comportamientos que caracterizan las relaciones entre cada nodo así como los objetivos de cada proceso. De hecho **Kjenstad (1998)** propone que los beneficios de las entidades de la cadena de suministro dependerán de los comportamientos que las demás entidades consideren para coordinarse de modo que el comportamiento de las entidades apoye la disposición a cooperar y, por consiguiente, a compartir la información que implique incrementos en el beneficio de la cadena.

Más aún, la definición de los comportamientos, en este caso en el contexto de la cadena de suministro, implicará la consideración de la noción

de inteligencia artificial, donde mediante modelos de aprendizaje, es posible simular y emular comportamiento futuros para apoyar los procesos de toma de decisión de la gestión de la cadena de suministro. Adicionalmente, se destaca que el área de inteligencia artificial así como el de teoría de juegos, planteadas y estudiadas por **Rosenschein y Zlotkin (1994)**; **Gmytrasiewicz y Durfee (1993)**; **Sen y Durfee (1994)** y **Sandholm (1996)**, han sido un tema relevante de estudio. Más aún, la aplicación de la inteligencia artificial a cadenas de suministro desde los puntos de vista internos y externos en donde se consideren las relaciones entre las organizaciones, por lo general considerarán sistemas de control descentralizados. Estos sistemas en , poseerán una vista parcial del estado de las operaciones de los nodos y la información en tiempo real. Por lo que dada esta noción de TIC, que incluya los comportamientos y, por tanto, la inteligencia del sistema, resulta natural implementar SI que consideren TICs con una orientación hacia entornos más realistas. De acuerdo con **Kjenstad (1998)**, para considerar agentes en una cadena de suministro es necesario destacar la importancia del concepto de autonomía en cada una de las entidades de la cadena. Por lo que una entidad de la cadena tendrá su propio grupo de proveedores y clientes. Éstos, a su vez, considerarán los suyos propios. Por otro lado, los recursos que se vinculan con una entidad, por lo general, no se vinculan con un cliente dado y único, por lo que las cadenas se podrán cruzar con otras cadenas en uno o más puntos según la intersección entre los recursos lo permita. Es por esto que la aplicación de agentes se presenta como una TIC robusta y versátil debido a que considera los procesos de comunicación entre los nodos y, por tanto, tiene en cuenta el intercambio de información desde un punto de vista autónomo y orientado hacia el cumplimiento de los objetivos.

Específicamente en el contexto de la gestión de la cadena de suministro, es posible decir que los podrán ser de tipo autónomo o adaptativo. Cuando el agente es de tipo autónomo, implicará que su rol permitirá llevar a cabo los procesos de toma de decisión respecto de, por ejemplo, los indicadores que se utilizan para medir el rendimiento de la cadena de suministro. Por otro lado, cuando el agente sea de tipo adaptativo, el agente será capaz de mejorar de forma continua según la experiencia propia y de modificar el entorno. Esto será de utilidad para la consecución de los objetivos así como para el reconocimiento de los agentes pertenecientes al entorno de la cadena suministro. Al respecto, es posible decir que los estudios principales relacionados con los agentes autónomos y adaptativos en relación con la gestión de la cadena de suministro se han realizado por **Bond y Gasser (1988)**; **Durfee (1989)**; **Chaib-draa (1992)**; **Genesereth y Ketchpel (1994)**; **Wooldridge y Jennings (1995)**; **Sycara (1996)** y **Nwana (1996)**.

A partir de estos estudios, se destaca la existencia de dos perspectivas a tener en cuenta para la aplicación de los SMA en la gestión de la cadena de suministro. La primera desde el punto de vista de la distribución del problema, donde los agentes participarán en varias cadenas y cada uno estará asignado a una problemática de una cadena en particular. En este

caso los agentes se tendrán que asegurar de que las restricciones impuestas para su cadena estén siendo consideradas en la solución general del problema de las demás cadenas. Esta situación se dificulta cuando se consideran los objetivos locales. La segunda perspectiva, es desde el punto de vista de los agentes. En este caso, cuando el modelo considere una orientación de tipo SMA, la problemática de la gestión de la cadena de suministro se resolverá en base a la definición de objetivos locales y a la resolución de conflictos teniendo en cuenta una negociación entre los agentes. Por lo que, la gestión de la cadena de suministro, destaca una serie de cualidades que los agentes poseen para, por un lado, apoyar el modelado de los procesos y, por otro lado, incorporar la noción de comportamiento y dinamismo del entorno en cuanto a las representaciones realistas que la cadena requiere. Estos aspectos se comentan a continuación:

- **Grado de autonomía.** Aquí se distinguen los agentes que tienen autoridad para responder, reaccionar o desarrollarse de manera independiente.
- **Grado de cooperación.** Destaca la capacidad de interactuar y negociar del agente frente a otro agente teniendo en cuenta sus propios intereses.
- **Grado de acuerdos.** Define el estado de los acuerdos de un agente, los cuales pueden ser de tipo completo, parcial o incompleto.
- **Integración con el entorno.** Si la interacción es en base a tareas que los agentes deben realizar, el entorno se definirá en base a los estados en los que un agente se puede encontrar. Cada estado considerará sus propios valores para identificar las interacciones con los demás agentes.
- **Habilidades sociales.** Presenta las habilidades del agente para asimilar las necesidades del entorno. Con esto se podrán realizar los cambios oportunos vinculados con la actualización del modelo. También se identifica el razonamiento respecto a la definición de los planes y el comportamiento de los agentes. Esto ayudará, por ejemplo, a establecer modelos predictivos de comportamiento para cada agente y el entorno.
- **Estructura de interacción.** Establece las reglas que los agentes deben seguir para definir sus comportamientos.

Por lo tanto, en general, los agentes podrán utilizar la información del entorno para mejorar sus propios modelos en la cadena de suministro. Finalmente, y de acuerdo con la teoría de negociación de **Nash (1951)** y la teoría de SMA de **Graus et al. (1995)**, la autonomía de los agentes deberá considerar los siguientes aspectos:

- **Estabilidad.** Se refiere a establecer el punto de equilibrio en la coordinación de los agentes. Para esto, se debe considerar:
 - La racionalidad individual, que permite a los agentes decidir según sus características en qué evento de coordinación se ha de participar.
 - El equilibrio de Nash, en donde las estrategias de los agentes dependerán de las estrategias de los otros agentes, por lo que es necesario que cada agente elija la mejor estrategia para lograr este equilibrio entre los agentes.

- **Optimización.** Establece que, después de que cada agente haya elegido su estrategia, será necesario saber si con estas estrategias se obtiene el valor óptimo o no. Para esto, los agentes deberán considerar lo siguiente:
 - El bienestar social, que tiene en cuenta el beneficio y las utilidades debido al comportamiento de todos los agentes.
 - El óptimo de Pareto, que de acuerdo con **Rosenschein y Zlotkin (1994)**, es el óptimo que se asocia con la solución para la cual las utilidades no pueden mejorar más sin que otro agente se vea afectado.
- **Imparcialidad.** Este aspecto considera la estabilidad y optimización con elementos claves. Así, los agentes participarán en sistemas de tipo imparciales para garantizar la competencia justa entre los agentes. Para esto es necesario considerar las siguientes características:
 - Los procesos de toma de decisión distribuidos donde cada agente pueda participar en las decisiones que se vinculan con sus intereses propios.
 - La simetría, para que los mecanismos de coordinación no establezcan diferencias entre los agentes según los atributos que éstos posean. La simetría, por tanto, será importante para el establecimiento de entornos de negociación.
 - La eficiencia computacional, que considera la velocidad con la que el sistema computacional llega a la resolución final. Esto es de utilidad para apoyar el control de los agentes en tiempo real.
- **Negociación.** Se define para dar soporte al intercambio de información entre los agentes. En base a esto, es posible apoyar los procesos de toma de decisión de forma coordinada. Por lo que, cada agente (es decir, cada nodo de la cadena de suministro), trabajará en algún aspecto de alguna problemática para compartir la información correspondiente a su ámbito con otros agentes. Esto con tal de facilitar la coordinación entre los agentes y favorecer la consecución de acuerdos (**Smith y Davis 1998**).

Así mismo, desde la perspectiva de la gestión de la cadena de suministro, **Parunak y VanderBok (1998)** plantean que una cadena de suministro se compondrá de varias organizaciones. Éstas se orientan a generar los flujos de los materiales y la información con el fin de conseguir productos terminados y enviarlos al consumidor final. Así, los autores destacan la utilización de los SMA en el modelado de los procesos de la gestión de la cadena de suministro. Esto debido a dos consideraciones importantes. La primera se relaciona con los comportamientos dinámicos de tipo no-intuitivo propios de los entornos de cadena de suministro. En base a esto, los SMA se presentan como una tecnología versátil y robusta para gestionar las estrategias de control de los nodos de la cadena. La segunda se refiere a la alta capacidad de emulación del entorno que los SMA presentan. Esto se debe a que los SMA permiten solventar de manera robusta las estructuras que consideran diferentes orientaciones o lenguajes de modelado, por ejemplo el modelado analítico y el modelado de flujos, cuya combinación no se presenta del todo fácil para considerar las interacciones que se basan en el intercambio de información que, precisamente, es el tipo de interacción que domina la dinámica de las cadenas de suministro, en

donde se requieren respuesta ágiles y flexibles por parte de todos los nodos de la cadena. Por lo que es fundamental detectar los aspectos claves que definen este tipo de entornos. Por ejemplo, en este mismo contexto, **Sadeh et al. (1999)** establecen que los aspectos claves para agilizar los entornos productivos, considerando el dinamismo presente en las cadenas de suministro, deben considerar la habilidad para coordinar de manera efectiva la producción de múltiples fábricas, teniendo en cuenta tanto las informaciones internas así como las externas de cada nodo.

En base a esto se podrá, por un lado, evaluar de manera rápida y precisa el diseño de los nuevos productos y componentes y, por otro lado, se soportarán de manera mejor las decisiones estratégicas vinculadas con los procesos de negocio. Para esto, se ha de tener en cuenta tanto la capacidad productiva como los requerimientos de los materiales a través de la cadena de suministro. De esta manera, **Sadeh et al. (1999)** presentan una visión de los SMA para apoyar la coordinación de los agentes en la cadena de suministro según su modelo y herramienta MASCOT. Esta herramienta presenta una arquitectura de tipo re-configurable, multi-nivel que se basa en agentes para coordinar la planificación y la programación de las actividades de la cadena de suministro. MASCOT, por tanto, proporciona la consecución de un marco de trabajo en donde los agentes apoyan los módulos de la planificación y la programación de la producción. Cada uno de los agentes será responsable de apoyar el desarrollo y la revisión de las soluciones para la planificación y la programación de la producción de una empresa particular o de un grupo de empresas. Para esto, MASCOT considera un nivel de abstracción particular. Esto quiere decir que los agentes de niveles inferiores en la cadena se vincularán con la planificación y la programación de los módulos de producción teniendo en cuenta un horizonte reducido de planificación (corto plazo). En los niveles superiores, los agentes se coordinarán para cumplir con las labores estratégico y tácticas que, por lo general, se requieren para considerar horizontes de planificación más extensos (medio y largo plazo). En los SMA, los agentes MASCOT se consideran como programas capaces de soportar funcionalidades como: la coordinación, la integración entre módulos, el apoyo al proceso de toma de decisión y las reconfiguraciones de las características de los agentes.

Por lo que, en los entornos de cadena de suministro, los esfuerzos de implementar los SMA se asociarán con las vinculaciones que existen entre los procesos de intercambio de información y negociación que pertenezcan en la cadena (**Chen et al., 1999**). En este sentido, los agentes que se consideren deberán soportar un cierto número de negociaciones que soporten los protocolos de conversación de apoyo a la cooperación entre los agentes. Por lo tanto, mientras un agente se orientará a cumplir metas individuales, un sistema multiagente considerará el dominio donde ocurren las interacciones entre los agentes que poseen metas diferentes así como su propia información. Tal como lo plantean **Chen et al. (1999)**, los SMA de apoyo a la gestión de la cadena de suministro, consistirá de agentes heterogéneos y funcionalidades. Estos agentes se denominarán agentes

funcionales y se comunicaran según los tipos de lenguajes de modelado preestablecidos para apoyar la gestión de la cadena de suministro.

Así, **Fox et al. (2000)** plantean que para la aplicación adecuada de SMA para apoyar los procesos de gestión de la cadena de suministro, será necesario tener en cuenta dos aspectos. El primero se refiere a decidir cómo las actividades de la cadena de suministro deberán distribuirse entre los agentes. Por ejemplo, para el caso de un sistema MRP (*material requirement planning*), los aspectos relacionados con la programación de la producción dependerán, principalmente, del algoritmo utilizado. Por lo tanto, y dependiendo del nivel de complejidad del algoritmo, será posible vincular a cada agente las actividades asociadas a la planificación de la producción, permitiendo así distinguir y clasificar a los agentes unos de otros según estas actividades. Algunos ejemplos típicos de clasificación de agentes, según **Fox et al. (2000)**, son:

- **Agentes de adquisición de pedidos.** Éstos se encargan de adquirir los pedidos de los clientes, negociar los precios, establecer fechas de entrega, y gestionar los pedidos de los clientes para modificar o cancelarlos.
- **Agentes de logística.** Son los responsables de la coordinación entre las plantas, proveedores y centros de distribución en el dominio de la empresa. En base a esta coordinación se logran los mejores resultados posibles en términos de los objetivos de la cadena de suministro que incluyen, principalmente, tiempos de entrega cortos, minimización de costes, etc.
- **Agentes de transporte.** Son responsables de la asignación y programación de los recursos de transporte. Con esto se satisfacen los pedidos específicos de movimientos entre las plantas. En la generación de la programación se podría considerar una variedad de aspectos relacionados con el transporte y las rutas.
- **Agentes de programación.** Son los responsables de la programación y re-programación de las actividades en la planta. También tienen la posibilidad de explorar posibles escenarios del tipo “qué pasa si” con la idea de considerar nuevos pedidos potenciales y generar programaciones que serán enviadas a los agentes.
- **Agentes de recursos.** Acoplan las funciones de gestión de inventarios y pedidos, gestionando de forma dinámica los recursos disponibles para que la programación se pueda ejecutar. También estiman la demanda de los recursos y determinan las cantidades de pedidos de los recursos.
- **Agentes de envíos.** Desarrollan los envíos de los pedidos y las funciones de control en tiempo real que ha de ser dirigida por los agentes programadores. Además, los agentes de envíos operan de manera autónoma a lo largo de las actividades que se desarrollan en la planta considerando las restricciones planteadas por el agente programador.

El segundo aspecto a tener en cuenta será la coordinación entre los agentes pertenecientes a los SMA. Por lo que, teniendo en cuenta el dinamismo (en los comportamientos) que las cadenas de suministro

consideran, la coordinación entre los agentes será un factor importante a tener en cuenta para la integración de los componentes que soportan las actividades de la gestión de la cadena de suministro. Por ejemplo, en el caso de los procesos de optimización, se destaca el hecho de que un solo agente no podrá generar óptimos basado en decisiones e informaciones locales. No obstante, esto se podrá remediar al tener en cuenta las informaciones y decisiones de otros agentes en sus propias decisiones de acuerdo con una perspectiva de coordinación entre los agentes que conforman los SMA. Según esto, los agentes podrán elegir y ejecutar alternativas que le permitirán encontrar los óptimos tanto locales como globales. Para esto, los SMA requerirán del conocimiento de los roles existentes en la organización así como de las respectivas obligaciones y autorizaciones relacionadas con estos roles. Por lo tanto, la coordinación y negociación deberán tener en cuenta factores en los costes, la complejidad y la exactitud de los algoritmos computacionales utilizados en la optimización de los procesos de gestión de la cadena de suministro, por ejemplo, para apoyar la planificación y programación de la producción de cada nodo en la cadena de suministro.

Grolik y Stockheim (2001) plantean que la cooperación en las cadenas de suministro se desarrolla mediante unidades organizacionales autónomas distribuidas. Así, estas unidades (o entidades) actuarán cooperativamente mientras las actividades que se realizan vayan acorde a sus propios intereses. En el contexto de las cadenas de suministro, la cooperación presenta un alto nivel de complejidad debido a que en las cadenas de suministro las compañías de proveedores o clientes pueden ser clientes y proveedores entre ellas mismas. De acuerdo con **Buxmann y König (2000)**, **Brandenburger y Nalebuff (1996)** y **Kjenstad (1998)**, las cadenas de suministro se pueden superponer en el caso de que una o más empresas participen en diferentes cadenas de suministro, con lo que se provoca el caso de que socios comerciales en una cadena puedan ser, al mismo tiempo, competidores en otra cadena. Para este caso, se requiere una gestión distribuida de las cadenas de suministro (**Grolik et al. 2001**; **Kjenstad 1998**).

La gestión distribuida de la cadena de suministro requiere un alto nivel de integración en el procesamiento de la información, así como una gestión adecuada de la transmisión de las informaciones internas de la cadena. Además, esto es igualmente importante para la automatización de la planificación y el control de la cadena, por lo que el procesamiento de la información implicará un flujo de información actualizado y constante para los socios comerciales de la cadena con tal de soportar ajustes en sus planes y, por tanto, poder cumplir con sus metas individuales.

Adicional a lo anterior, otra de las problemáticas asociadas estará relacionada con la adaptación que dichas entidades deben considerar para poder soportar los cambios de la planificación sujetos a un entorno dinámico. Por otro lado, teniendo en cuenta que una cadena de suministro, por lo general dinámica, se podrá representar por un holón en donde existirán sub-holones, los agentes en la cadena podrán representar a los proveedores de

los servicios así como también a los socios de la red (también denominados agentes Holón), que se compondrán por sub-agentes que interactuarán de forma corporativa (**Bürckert et al. 1998**). Por lo que cada agente Holón estará integrado en una estructura jerárquica que considerará el nivel global, organizacional, funcional y operativo de la red. Así, **Karageorgos et al. (2003)** se centran en el nivel organizativo que integra los niveles funcionales y operativos. Desde un punto de vista de los recursos, los agentes representarán los componentes activos de un sistema en un escenario de empresa virtual, por lo que el nivel superior de agentes representará la empresa virtual. Este nivel superior será el encargado de gestionar los pedidos de los clientes, desagregando las tareas relacionadas con la producción y logística, basándose principalmente en los procesos actuales de planta, la asignación de tareas a niveles inferiores y la reasignación de las ofertas de los clientes.

Cavalieri et al. (2003), además, consideran un sistema distribuido multinivel para soportar los mecanismos de coordinación que se asocian a cada agente. Así, los agentes se podrán clasificar en verticales (en los que se consideran aspectos logísticos de la cadena) y laterales (en que los se consideran nodos involucrados en una misma capa). Los mecanismos de coordinación verticales se clasifican en tres tipos:

- **Mecanismos verticales competitivos.** En este caso, se considera la visión tradicional de un canal distribuido en un entorno multinivel, en el que las relaciones entre los nodos de la red se motivan en base a una perspectiva competitiva para conseguir el beneficio en el corto plazo.
- **Mecanismos verticales jerárquicos.** Se consideran, de acuerdo con **Chen y Zheng (1997)**, políticas del reordenamiento de los niveles de stock. Estas políticas consideran el nivel de stock de un ítem en un lugar determinado como una agregación de todos los niveles de inventario en el mismo lugar y de los almacenes aguas abajo. Por lo tanto, la eficacia de estas políticas estará relacionada con la calidad y velocidad en que la información es transmitida.
- **Mecanismos verticales cooperativos.** De acuerdo con **Kjenstad (1998)**, uno de los factores estratégicos principales que es considerado en las empresas para pasar de una visión competitiva entre proveedor y cliente a una más participativa y cooperativa entre ambos está relacionado con el nivel de adopción de técnicas de empuje (*pull*) a modo de establecer aproximaciones a filosofía *just-in-time*.

Respecto a los mecanismos de coordinación lateral, **Cavalieri et al. (2003)** indican que se basan en el intercambio de bienes entre los nodos de distribución que pertenecen al mismo nivel logístico, con lo que se favorece la finalización de pedidos urgentes en un tiempo adecuado. Así, se establece que el modelado basado en agentes entregará una forma natural de diseñar e implementar una integración inter-organizacional así como proponer flujos adecuados tanto de productos como de información. La arquitectura MASCOT (comentada anteriormente), propuesta por **Sadeh et al. (1999)**, apoya la obtención de marcos de trabajo para desarrollos coordinados y soluciones para la planificación y programación a un nivel múltiple de

abstracción considerando toda una cadena de suministro. A través del marco de trabajo MASCOT, **Brun y Portioli (1999)** compararon el comportamiento de un mecanismo de coordinación distribuido basado en el ámbito de los mercados del tipo subastas. Adicional a lo anterior, **Anupindi et al. (1999)**, en un contexto específico de distribución, proponen un modelo en el que cada agente es una entidad independiente a la que se le asocia un proceso de optimización. Las entidades, respecto a sus relaciones con los demás agentes, deben lidiar con dos tipos de decisiones:

- El primer tipo se refiere a la decisión relacionada con cuánto inventario un agente dado decide tener, esto sin la necesidad de llegar a acuerdos con otros agentes.
- El segundo tipo de decisión se relaciona con la compra y ubicación de materiales, para esto los agentes de alguna manera llegan a un acuerdo respecto a los niveles aceptables.

Por lo tanto, **Cavaliere et al. (2003)** proponen un modelo basado en agentes que se centra en la distribución de una cadena logística. Este modelo considera un agente de producción (que se encarga de la fabricación de los productos y de la gestión de los almacenes centralizados), un agente comerciante (que se encarga de la distribución de los productos para cubrir el mercado), y un agente consumidor final (que representará, en este caso, a la demanda final). Adicional a lo anterior, el modelo considera dos tipos de agentes, los estructurales y los funcionales. El primer tipo representa los actores de la cadena de suministro, quienes harán las veces de usuarios finales, comerciante y proveedor. El segundo tipo de agentes no representa actores reales, pero existirán con la finalidad de implementar procesos, gestionar información y tomar decisiones. Para el caso del modelo propuesto, solo se considera un agente de este tipo que representará un agente monitor. Los tipos de agentes se describen a continuación:

- **Agente usuario final.** Genera la demanda de la cadena de suministro. Cada agente de este tipo se genera con diferentes necesidades en relación con el tipo, cantidad y tiempo máximo de esperas asociado a un producto. Dado esto, un vez que el agente usuario final ha expresado sus necesidades al comerciante, puede quedar en los siguientes tres estados: satisfecho, insatisfecho y esperando.

De acuerdo con las características del producto, así como a las del mercado y la cadena de suministro, el agente usuario final puede caracterizar dos comportamientos:

- **Búsqueda.** En el que el agente usuario final buscará, por ejemplo, el mejor comerciante a quien solicitar los productos. En este caso, la cadena de suministro gana en cuanto a la recepción del producto, pero algún comerciante habrá perdido un cliente por no haber podido satisfacer la demanda.

- **Reemplazo.** En el que el agente usuario final gestiona la utilización de productos sustitutos. En este caso la cadena de suministro perderá un cliente, pero algún comerciante ganará otro.
- **Agente comerciante.** Este agente actuará como intermediario entre la cadena de suministro y el mercado. Su objetivo será satisfacer al usuario final por medio de la entrega del producto en la cantidad e instante de tiempo en que fue solicitado. De acuerdo con esto, este agente se puede encontrar en dos estados: procesando la orden de un usuario y realizando un pedido al almacén central. Cada comerciante manejará su propio inventario y gestionará los envíos de pedidos a los destinos solicitados.
- **Agente proveedor.** Este funciona en base al supuesto de que la planta de producción servirá a los comerciantes y tendrá la posibilidad de enviar diferentes tipos de productos. Las actividades principales de toma de decisión, que son llevadas por este agente, se refieren al cómo asignar la capacidad finita de la planta a producciones alternativas así como asignar los pedidos relacionados con el mismo producto solicitado por diferentes comerciantes.
- **Agente monitor.** Es un agente funcional. Esto quiere decir que no representará ningún elemento físico de la cadena, solo representará actividades específicas de interacción con otros agentes. El rol más importante de este agente será el control de todos los procesos de coordinación.

De acuerdo con lo anterior, el modelo de coordinación basado en SMA se presenta como una alternativa a los modelos clásicos de cadena de suministro en los que, por lo general, se considera un dinamismo no-coordinado. Así, los resultados se plantean desde una perspectiva de los mecanismos verticales y laterales de coordinación además de la simetría en el modelo de intercambio de datos. Con lo que se prueba que el modelo resulta fácilmente adaptable a diferentes tipos de estructuras y análisis.

De acuerdo con las problemáticas asociadas a la negociación **Cavaliere et al. (2003)** estudian la utilización de SMA para el proceso de previsión y aprovisionamiento en el contexto de planificación colaborativa. Se entiende en este contexto que los socios comerciales estarán dispuestos a colaborar en el intercambio de previsiones de pedidos y ventas. Para ello, se plantea la utilización de herramientas inteligentes para la optimización de la negociación en el campo de la colaboración. Para esto se utilizan los SMA para la generación de agentes autónomos encargados de la gestión de los procesos de la cadena de suministro. Seguidamente, y según lo estipulado por el grupo de trabajo **CPFR (2002a, b)**, existen nueve etapas para el adecuado intercambio de previsiones de pedidos y ventas entre los socios comerciales que pertenecen a una misma cadena. Bajo este contexto, el vendedor y el comprador colaboran en el sentido de ajustar o corregir, así como proponer cantidades y precios para obtener una previsión conjunta adaptada a ellos (los nueve pasos para el proceso CPFR ya se explicaron el

Capítulo 2). Por lo que, tal y como lo plantean **Muller et al. (1997)**, las necesidades de optimización del proceso de un proceso de negociación entre uno o más socios bajo el marco de trabajo CPFR será posible mediante la implementación de sistemas autónomos.

Azevedo et al. (2004) plantean que en un entorno complejo y dinámico, como por ejemplo el sector del automóvil o de los semiconductores, manejar y gestionar los pedidos de los materiales, la transformación de éstos en productos intermedios o finales y la distribución hacia clientes finales, son tareas que se apoyan en gran medida por los SI. Así, la gran problemática detectada radica en que los SI actuales no entregan un soporte completo a las necesidades que puede presentar una red de trabajo o las organizaciones (en su mayoría de tipo distribuidas). Además, en el caso de un entorno heterogéneo (sistema compuesto por componentes de diversas características) para las actividades de planificación y coordinación no presentan soluciones suficientes. Para esto, se propone e implementa un sistema basado en una arquitectura de agentes que considera un SI distribuido y descentralizado. Las necesidades principales de los SI que se implementan, en función de los requerimientos del mercado y el cómo se responde de mejor manera a estos cambios están relacionadas con la agilidad para satisfacer los pedidos y responder a los cambios del mercado y mejorar la estructura organizativa de las compañías en función de los requerimientos del entorno. Por lo que, la obtención de niveles elevados de agilidad considerará la implementación de empresas virtuales que estén conformadas por redes de empresas que se estructuren en varios niveles para apoyar la colaboración, integración y confianza entre los participantes de la red.

Desde esta misma perspectiva, **Azevedo y Tascano (1999)**, **Pillep et al. (1999)** y **Roux et al. (1999)** plantean que los sistemas, a nivel informático, de planificación como los de tipo ERP (*enterprise resource planning*) y SCM (*supply chain management*), si bien están ampliamente reconocidos en las grandes empresas, no proveen de una solución completa a las necesidades de las empresas situadas en una red de trabajo y mucho menos a aquellas que están incorporadas a un ambiente distribuido. Así, el trabajo realizado por **Azevedo et al. (2004)** presenta sus resultados en el marco del proyecto de investigación Co-OPERATE (**Collings y Loeh, 2000**), para lo cual se establece un sistema avanzado de SMA que considera los requerimientos de un entorno de negocio de tipo *make-to-order* y que, además, soportará las negociaciones de los pedidos en tiempo real así como la planificación dinámica de las empresas. Por lo tanto, los beneficios (por ejemplo de algún proceso de producción), de las empresas situadas en un entorno de redes de empresa o empresa virtual, se obtendrán en la medida que las empresas involucradas en la red sean capaces de interoperar en los procesos de negocios, para lo cual aspectos como la programación de la producción resulta un aspecto relevante a considerar en relación con las operaciones que cada agente deberá gestionar.

Por esto, **Westkamper (1998)** plantea que la programación de la producción, sobre todo en ambientes de procesos de producción extensos, requerirá de un conocimiento, en tiempo real, del estado actual de los recursos así como de la disponibilidad de las líneas de producción, los inventarios, las capacidades, etc. De forma general, los sistemas actuales no ayudan del todo a tener un conocimiento completo de los flujos de información, en tiempo real, entre las empresas, como por ejemplo, entre una planta de producción y el resto de los componentes de la cadena de suministro. En esta misma línea, **Pillep et al. (1999)** plantean que además existirán carencias, por ejemplo, en la pequeña y mediana empresa, para generar soluciones simples y de bajo coste. En función de estas soluciones se podrán incrementar las capacidades de responsabilidad e integración en las redes ya existentes. Por lo tanto, de acuerdo con **Azevedo y Toskota (1999)**, **Azevedo (2001)**, los SI orientados a soportar empresas en ambientes dinámicos e integrados a redes de trabajo, debieran ser capaces de:

- Promover la colaboración entre los socios comerciales para mejorar los procesos de toma de decisiones .
- Incrementar la visibilidad para responder al dinamismo del suministro y la demanda.
- Manejar las alteraciones producto de re-planificaciones, correcciones en los métodos, etc.
- Mejorar la eficiencia de los procesos y utilización de los activos.
- Trabajar con diferentes conceptos de planificación al mismo tiempo.
- Soportar ambientes heterogéneos.
- Apoyar la continua evolución de los modelos considerando la adecuación e incorporación de nuevos mercados y consumidores.

Considerando los requerimientos y la problemáticas principales a las que se ven enfrentadas las empresas inmersas en ambientes de redes de trabajo de características dinámicas, se presentan soluciones en la perspectiva del proyecto Co-OPERATE. Así, para responder de manera efectiva a los requerimientos, es necesario identificar procesos de negocio distribuidos validados por las empresas que permitan su extensión hacia otras empresas. Los principales procesos de negocio identificados para empresas situadas en un contexto dinámico y de red de trabajo son:

- Planificación de negocios a largo plazo para la red de trabajo.
- Planificación de procesos y pedidos de operaciones estándar.
- Estudios de viabilidad para el establecimiento de nuevos pedidos o cambios en los pedidos a través de la red.
- Proceso de manejo de excepciones.
- Coordinación multi-recurso.
- Procesos de visibilidad.
- Funcionamiento de la gestión de la información.

De acuerdo con lo anterior, para la negociación y planificación de pedidos se requerirá de:

- Soportar la autonomía y pro-actividad de los procesos de toma de decisiones, en vez de las funcionalidades básicas de dicho proceso.
- Nuevos paradigmas de comunicación que apoyen la implementación y delegación de la coordinación.
- Nuevas metodologías de planificación basadas negociaciones y estrategias de cooperación.
- Integración de funcionalidades inteligentes en aplicaciones de gestión.

Para lo anterior **Azevedo y Oliveira (1999)** proponen un SMA que es una aproximación global que incluye una metodología de planificación colaborativa soportada por SI basadas en unidades autónomas (una para cada nodo). Estas unidades serán capaces de realizar actividades y anticipar las consecuencias de sus acciones considerando los beneficios que pueden obtener. Así, cada unidad es modelada como un agente, que incorpora características asociadas a la gestión eficiente de entornos productivos cooperativos y distribuidos. Estas características se resumen en autonomía, pro-actividad, sociabilidad y responsabilidad. Los beneficios principales de considerar los SMA es que se pueden considerar en el modelado problemas más complejos con lo que se incrementa la eficiencia y funcionalidad de los procesos de planificación, con lo que es posible soportar el ciclo de vida de la red empresarial de forma completa. Este soporte estará relacionado con las configuraciones asociadas a un entorno estático o dinámico, la transmisión de la información a través de la red, el proceso de negociación entre las unidades (de acuerdo con un plan global de producción) y el control distribuido así como la trazabilidad de los pedidos de producción a través de la cadena. Por lo tanto, para la implementación de los agentes es necesario considerar lo siguiente:

- Cada unidad de negocio en la red de empresas estará apoyada por un grupo de agentes.
- En un entorno de agentes distribuidos, los grupos de agentes se conocerán con el nombre de nodo que conformarán unidades de negocio en red.
- En cada nodo los agentes cooperarán para conseguir los objetivos locales.
- En cada nodo, cada agente realiza una o más funciones, y coordina las decisiones con otros agentes en el nodo.
- En cada nodo, el usuario que tiene el rol de planificador y controla totalmente el abanico de decisiones realizado por el agente planificador.
- Diferentes nodos en la red cooperan para alcanzar metas globales o locales de la red. Lo que se logra mediante la interacción entre agentes de diferentes nodos.
- La funcionalidad a través de la red se logra por medio de la interacción de los diferentes nodos.
- Los tipos de agentes que existan en cada nodo dependerán de los requerimientos de funcionalidad de cada nodo.

Por lo tanto, para que pueda existir la negociación entre las diferentes unidades de negocio de la red, es necesario considerar agentes con roles específicos de tipo organizativo que hagan las veces de interlocutores para

proveer servicios de comunicación, por ejemplo, el registro o la localización de agentes de acuerdo con los intereses o el conocimiento, también para enviar o re-direccionar mensajes basados en los contenidos considerando los servicios de mediación y traducción de los mensajes. Así, el agente de tipo interlocutor será de dos tipos considerando el nivel jerárquico en el que se encuentre de modo que pueda mediar y coordinar las interacciones locales (entre agentes dentro del nodo) e interacciones de la red (entre agentes situados en diferentes lugares de la red). Por lo que la red, de acuerdo con lo establecido por **Wooldridge et al. (2000)**, considerará una estructura de nodos de modo tal que cada nodo (en la red) esté organizado como una colección de roles considerando las relaciones con los otros nodos y tomando parte de patrones sistematizados e institucionalizados para la interacciones con otros roles. Las consideraciones a tener en cuenta por los agentes para establecer la comunicación son:

- Las interacciones entre roles de diferentes redes, serán acorde a la existencia de protocolos iguales.
- Consideración de las responsabilidades en un sentido tanto indirecto como directo y determinar las funcionalidades.
- Establecimiento de permisos, que definen los derechos asociados a cada rol.
- Consideración de actividades que no requieren la interacción con otros roles.

En este caso, **Azevedo et al. (2004)** plantean que los agentes necesarios para soportar la organización de cada nodo en la red, que en definitiva corresponderán a ciertas combinaciones de roles, serán:

- **Agente de integración de información hereditaria** (o *legacy agent*). Se encarga de proveer de servicios de información, recolectar y agregar la información suministrada por diferentes recursos, propagar la información hacia otros tipos de agentes que la necesiten.
- **Agente mediador** (o *facilitator agent*). Actúan como agentes organizacionales y es responsable de suministrar de información a los otros agentes.
- **Agente planificador corporativo** (o *corporate planner agent*). Estos agentes cooperan con los planificadores de otros nodos con la finalidad de desarrollar planes que logren las metas de la red.
- **Agente de capacidad** (o *capacity agent*). Evalúa, de forma dinámica, la disponibilidad de las unidades de negocio para enfrentar las órdenes de pedido. También se encarga de integrar las capacidades locales del modelo con los algoritmos adaptados. Interactúa con los agentes planificador corporativo e integrador de información hereditaria.
- **Agente Monitor** (o *monitor agent*). Captura y agrega el estado de las variables para la cadena de suministro y compara los valores actuales con los previstos. Por consiguiente, identifica las desviaciones y propaga las alertas hacia los demás agentes.

De acuerdo con esto, **Caridi et al. (2005)**, en el contexto de la gestión de la cadena de suministro, proponen una clasificación para agentes

autónomos en el ámbito de las características que éstos presentan (en el contexto de los procesos de toma de decisión, las operaciones de la cadena de suministro y los tipos de agentes) de acuerdo con los aspectos principales a considerar en el marco de trabajo CPFR (intercambio de información, gestión del efecto *Bullwip*, integración de la cadena de suministro, manejo de excepciones y negociación). Respecto al proceso de toma de decisiones se identifica el periodo de tiempo en el cual los agentes aplican sus decisiones. Las operaciones de la cadena de suministro se refieren a los efectos que el modelo debiera provocar en la cadena de suministro. Estos efectos podrán ser de tipo formación (que considera la utilización de los agentes para desempeñar alguna actividad asociada con alguna decisión,), integración (que considera la utilización de los agentes para actividades de coordinación de la cadena de suministro asociados a la automatización de procesos automáticos), colaboración (que considera que los agentes simulan empresas con las que compartir información y así poder mejorar los procesos de intercambio de información) y sincronización (que considera la monitorización que los agentes hacen de parámetros relevantes para medir el comportamiento en la cadena de suministro de modo que poseen la capacidad de comunicar a los socios de negocio asociados cuando algún error ocurre). Los tipos de agentes, por lo tanto, darán lugar a la caracterización de las habilidades sociales que éstos poseen en la cadena de suministro.

El modelo CPFR se relaciona, solamente, con el proceso CPFR inicialmente planteado por el grupo de trabajo **CPFR (2002a, b)**. Este modelo considera agentes de capacidad reducida también conocidos como agentes reactivos. El modelo avanzado considera agentes que poseen la capacidad de realizar cálculos y/o sugerir soluciones factibles de acuerdo con los eventos que se generan en el entorno. Finalmente, el modelo de aprendizaje considera agentes que serán capaces de plantear y re-plantear ideas de colaboración calculando, por ejemplo, nuevos valores o niveles objetivos utilizando algún criterio como, por ejemplo, la obtención de previsiones más precisas, la minimización de inventarios, etc. De acuerdo con **Muller et al. (1997)**, los modelos basados en la construcción de agentes deben considerar dos niveles de abstracción diferentes denominados nivel externo y nivel interno. El nivel externo se refiere a identificar la creación de agentes, multiplicidades, las veces e instantes en que los agentes participan, relaciones jerárquicas, responsabilidades, etc. El nivel interno se referirá a la arquitectura interna del agente, por ejemplo al estado mental de éste, sus creencias, las capacidades y el grado de inteligencia. Seguidamente, desde un punto de vista jerárquico, los agentes vinculados con un nivel superior serán los que requerirán de la información de los agentes de los niveles inferiores. Por ejemplo, en una configuración clásica de cadena de suministro, a nivel operacional, el agente vendedor requerirá los valores actualizados de los parámetros de fabricación vinculados con el agente fabricante. Así, estos parámetros se relacionan con la capacidad de fabricación o con los tiempos de fabricación.

Adicional a lo anterior, los agentes pueden actuar en las decisiones estratégicas (donde las decisiones definen la cadena). Estas decisiones se

relacionan con, por ejemplo, la elección del equipo de trabajo para una determinada tarea), tácticas (los agentes planifican y programan la cadena para satisfacer la demanda) y operativas (los agentes ejecutan los planes). Así, cada tipo de agente se definirá por sus capacidades sociales, que pueden ser de tipo:

- **Comunicativo.** Implica la existencia de integración en los datos a través de un mismo lenguaje.
- **Coordinado.** Considera la integración de procesos entre los componentes involucrados manejando semánticas diferentes.
- **Cooperativo.** Considera la integración en la empresa, incluso posee libertad para saltarse comportamientos cotidianos.
- **Colaborativos.** En este caso, posee la habilidad de detectar de forma automática posibles metas en común con otras entidades (o componentes del sistema) y existirá una planificación conjunta (entre las entidades) para maximizar los beneficios.

De esta manera, los SI basados en los SMA que estén presentes en la cadena de suministro deberán tener en cuenta una estructura que les permita comportarse de manera robusta en cada escenario y, por tanto, dominio de modelado. Estas estructuras deberán orientarse de una manera genérica con tal de ser aplicables y extensibles a diferentes situaciones sin perder la consistencia de los comportamientos y roles de los agentes, lo cual siempre resulta una de las tareas más difíciles en la aplicación de los SMA a problemáticas reales. El siguiente sub-apartado considera el estudio de la literatura relevante de arquitecturas basadas en SMA y orientadas a soportar el modelado de los SMA en cadenas de suministro colaborativas.

4.3.1 ARQUITECTURAS RELEVANTES BASADAS EN AGENTES EN CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS

El modelado basado en SMA, hasta este momento, considera una perspectiva de ayuda al modelado y a la representación de procesos de la cadena de suministro. Específicamente, presenta una orientación fuerte hacia el modelado de procesos colaborativos. Así, tras conseguir una representación más formal en el contexto de la definición de los elementos de modelado, como por ejemplo los lenguajes y los bloques constructivos, que dan pie hacia un entendimiento más global y general de los modelos basados en SMA, se requiere de una arquitectura basada en SMA. Estas arquitecturas consideran la unificación de metodologías y lenguajes de modelado. No obstante, se ha visto en la literatura científica que los autores consideran muchas visiones y perspectivas en cuanto a la definición y establecimiento de las arquitecturas basadas en SMA. Por lo tanto, en el presente sub-apartado se presentan aquellas aportaciones de los autores en las que se considera la utilización y/o definición de arquitecturas basadas en los SMA para apoyar el modelado de los procesos en cadenas de suministro colaborativas (ver Tabla 7). Para esto, se establecen y explican las siguientes dimensiones por cada autor:

- **Propósito.** Describe el objetivo principal en relación con la aportación del autor.

- **Tipo.** Establece el tipo, u orientación, de modelado que se considera. Principalmente, se identifica si se considera una orientación únicamente narrativa (Nr), conceptual (Co), técnica (Te), o combinaciones de ambas.
- **Agentes principales.** Identifica los agentes que el autor decide considerar para soportar su modelo.
- **Comportamientos identificados.** Identifica y asocia los comportamientos detectados en la cadena de suministro y su vinculación con cada agente.
- **Topología de cadena de suministro.** Se tienen en cuenta las topologías de cadena de suministro: T1 (diádica), T2 (rueda), T3 (secuencia), T4 (jerárquica), T5 (árbol) y T6 (red).
- **Lenguaje de modelado.** Destaca el lenguaje formal de modelado que se considera. En caso de no considerar lenguaje de modelado alguno, se identifica por NoE (no específica).
- **Tecnología.** Identifica la tecnología que soporta la implementación de los SMA propuestos. En caso de no considerar tecnología alguna, se identifica por NoE (no específica).

Tabla 7. Elementos relevantes de las arquitecturas basadas en agentes para apoyar el modelado de cadenas de suministro colaborativas.

Autor	Propósito	Tipo	Agentes principales	Comportamientos identificados	Topología de cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Tecnología
Brazier <i>et al.</i> (1996)	Coordinación del modelado de proyectos basados en sistemas multiagente.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de interacción. - Información. 	<ul style="list-style-type: none"> - Control de procesos. - Evaluar información. 	T6	NoE	NoE
Swaminathan (1998)	Incrementar la fidelidad en el modelado de la dinámica de la cadena de suministro.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Detallista. - Distribuidor. - Fabricante. - Proveedor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de inventarios. - Control de información. - Control de demanda. 	T6	Diagrama de flujo	Simulador IBM
Huagen (2000)	Utilización de semánticas genéricas para desarrollar modelos basados en internet que soporten la colaboración en la cadena de suministro.	Te	<ul style="list-style-type: none"> - Cliente. - Proveedor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Intercambio de información. - Planificación. 	T3	XML	WEB EDI
Cloutier <i>et al.</i> (2001)	Integración de los procesos de negocio según las coordinaciones basadas en los acuerdos para gestionar, de forma colaborativa, las contingencias y el rendimiento en la cadena de suministro.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de acuerdos. - Gestión de transacciones. - Gestión de rendimientos. 	T6	Diagrama de flujo	NoE

Autor	Propósito	Tipo	Agentes principales	Comportamientos identificados	Topología de cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Tecnología
Frankovic <i>et al.</i> (2003)	Caracterizar los comportamientos para el modelado y la gestión de ontologías en la cadena de suministro.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Comprador. - Vendedor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planificación. - Envíos. - Ventas. - Pedidos. 	T6	Diagrama de flujo	NoE
Gao <i>et al.</i> (2003)	Desarrollar modelos basados en agentes para simular redes sociales.	Co	NoE	<ul style="list-style-type: none"> - Recolección de datos. - Simulación. 	NoE	Diagrama de flujo	NoE
Fung y Chen (2005)	Coordinar la cadena de suministro utilizando protocolos de tipo CONTRACT-NET mediante la utilización de modelos de programación y coordinación de la demanda.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Planificación y control. - Pedidos. - Inventario. - Transporte. - Fabricante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinación. - Ejecución. 	T3	KQML Diagramas de flujo	Servicios WEB ORB/IIOP
Pechoucek <i>et al.</i> (2005)	Obtener una tecnología unificada para los procesos de toma de decisión en el proceso de planificación y programación de la cadena de suministro.	Co Te	<ul style="list-style-type: none"> - Meta-acción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Producción. - Simulación. - Acceso a las bases de datos. 	T6	Diagramas de flujo	JADE ExplanTech

Autor	Propósito	Tipo	Agentes principales	Comportamientos identificados	Topología de cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Tecnología
Govindu (2006)	Integrar las tecnologías de agentes mediante la reutilización de componentes.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Ventas. - Fabricante. - Pedidos. - Inventario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Políticas. - Ontologías. 	T3	Diagramas de flujo	<ul style="list-style-type: none"> Jade Eclipse Protège
Jiao <i>et al.</i> (2006)	Soportar la negociación colaborativa en cadenas de suministro globales de fabricación.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Configurador. - Negociador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricante. - Servidor. - Proveedor. 	T5 T6	Diagramas de flujo	NoE
Lorrain (2006)	Diseñar, modelar y simular agentes para apoyar el entendimiento del entorno desde la perspectiva de la organización y los modelos estocásticos.	Na	NoE	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyo al proceso de toma de decisión. - Interacción con el entorno. 	T6	NoE	<ul style="list-style-type: none"> Baibox Dialhemo fiatlux
Sun <i>et al.</i> (2006)	Estructurar una cadena de suministro de tipo <i>build-to-order</i> para gestionar un sistema de fabricación.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Proveedor. - 3PL. - Clientes. - Contratistas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relación con agentes de gestión. - Servidor de aplicaciones. - Buscador de aplicaciones. 	T6	Diagramas de flujo	NoE

Autor	Propósito	Tipo	Agentes principales	Comportamientos identificados	Topología de cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Tecnología
Xiaolong <i>et al.</i> (2006)	Apoyar la elaboración de proyectos a gran escala en la cadena de suministro mediante la integración de negociación automatizadas según una perspectiva dinámica de las tecnologías y los multi-atributos.	Co Te	<ul style="list-style-type: none"> - Proveedor. - Diseñador. - Coordinador. - Monitor. - Encargado. - Contratista. 	<ul style="list-style-type: none"> - Registrar las peticiones y los servicios. - Informar las habilidades y las preferencias. - Confirmación de los mensajes. 	T5	<ul style="list-style-type: none"> Diagramas de flujo Diagramas de estados Diagramas de secuencia 	Zeus
Chatfield <i>et al.</i> (2007)	Representación de las operaciones de la cadena de suministro para la mejora eficiente de las actividades concurrentes.	Co Te	<ul style="list-style-type: none"> - Cliente. - Detallista. - Almacén. - Distribuidor. - Fabricante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de inventarios. - Suministro. - Demanda de pedidos. - Gestión de pedidos. 	T3 T5	<ul style="list-style-type: none"> Diagramas de flujo Diagramas de Clase 	Sisco XML
Ming <i>et al.</i> (2007)	Coordinar los comportamientos individuales de grupos de agentes para lograr los objetivos comunes e intercambiarlos entre los nodos para apoyar la gestión de la cadena de suministro.	Co Te	<ul style="list-style-type: none"> - Proveedores. - Clientes. - Distribuidores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión. - Seguridad. - Envío de mensajes. - Actos del habla. 	T5 T6	KQML CORBA	TCP/IP

Autor	Propósito	Tipo	Agentes principales	Comportamientos identificados	Topología de cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Tecnología
Nienaber y Bernard (2007)	Apoyar la gestión de proyectos de <i>software</i> para adaptarse a las necesidades del mercado y realizar los proyectos a tiempo para incrementar el nivel de servicio.	Co	- <i>Stakeholders</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de costes. - Gestión de recursos humanos. - Gestión de riesgos. - Gestión de calidad. 	T1	Diagramas de flujo	Jade
Lu y Wang (2008)	Apoyar las reglas de cooperación y la estructura de la cadena considerando los vínculos entre la cadena de suministro y la economía del entorno.	Co	<ul style="list-style-type: none"> - Planificador de la producción. - Gestor de inventarios. - Gestor de fabricación. - Gestor de pedidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar pedidos. - Recibir pedidos. - Fabricar. - Enviar productos. - Recibir materiales. - Gestionar decisiones. 	T2 T6	Diagramas de flujo	Jade
Yang y Hon (2008)	Analizar la colaboración en los procesos de negocio que den soporte a la construcción de agentes vinculados a los sistemas APS y ERP de la cadena de suministro	Co Te	<ul style="list-style-type: none"> - Agente ERP. - Agente APS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestionar los datos. - Gestionar los pedidos. - Gestionar las respuestas. 	T3	Diagrama de flujo Casos de uso Diagramas de secuencia Diagramas de comunicación Diagramas de clases	Zeus Tomcat MySQL JSP Servicios WEB

Autor	Propósito	Tipo	Agentes principales	Comportamientos identificados	Topología de cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Tecnología
García-Sánchez <i>et al.</i> (2009)	Integrar los agentes y las semánticas web mediante ontologías para proporcionar una solución integrada a los servicios de los clientes y los proveedores.	Co Te	- Cliente. - <i>Broker</i> . - Arquitectura.	Gestionar los servicios	T5	WSDL Diagramas de casos de uso Diagramas de flujo OWL-S INGENIAS	Servicios WEB SPARQL
Hernández <i>et al.</i> (2009a)	Modelar los procesos colaborativos de la cadena de suministro según una perspectiva descentralizada.	Co Te	- Cliente. - Proveedor nivel 1. - Proveedor nivel 2.	- Cliente. - Cliente-proveedor. - Proveedor.	T3	Diagrama de secuencia Diagrama de clase Diagrama de casos de uso KQML IDEFO	Jade
Jabeur <i>et al.</i> (2009).	Soportar la interoperabilidad para la comunicación entre el <i>hardwares</i> y las aplicaciones de monitorización de sensores.	Te	- Meta-Acción	- Gestión de eventos de comunicación.	T6	Diagrama de clase	Lenguaje OWL para ontologías

Autor	Propósito	Tipo	Agentes principales	Comportamientos identificados	Topología de cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Tecnología
Amor y Fuentes (2009)	Arquitectura de agentes para soportar la combinación entre la ingeniería y el desarrollo de componentes de <i>software</i> .	Nr Co Te	- Gestor. - Vendedor.	- Gestión de pedidos. - Ofertas. - Actualización de catálogos.	T6	Diagrama de clase Diagrama de actividades	Jade
Pérez <i>et al.</i> (2009)	Arquitectura conceptual para facilitar la comunicación de los agentes que gestionan los recursos de información en entornos de red.	Co	- Agentes funcionales genéricos	- Control de acceso a la información. - Desarrollo y despliegue de aplicaciones distribuidas.	T3 T6	Diagrama de flujo KQML	NoE
Araújo <i>et al.</i> (2010)	Establecimiento de mecanismos soportados por negociación para la gestión de proyectos.	Co Te	- Agente proyectos - Agente recursos	- Planificación y programación de tareas locales.	T1 T6	Diagrama de flujo	NoE
Ivanov <i>et al.</i> (2010)	Arquitectura multi-estructural para soportar la planificación y las operaciones de cadenas de suministro adaptativas.	Co Te	- Agente de planificación	- Gestión de ontologías. - Control de sistemas. - Coordinación de la red.	T1 T3 T6	Diagrama de flujo Modelado matemático	Web

Autor	Propósito	Tipo	Agentes principales	Comportamientos identificados	Topología de cadena de suministro	Lenguaje de modelado	Tecnología
Hernández <i>et al.</i> (2010)	Identificación de elementos relevantes en la gestión de la cadena de suministro para soportar la interoperabilidad entre arquitecturas bajo un contexto de cadena de suministro colaborativa y descentralizada.	Nr Co Te	- Cliente - Cliente/proveedor - Proveedor	- _Gestión de clientes - Gestión de proveedores - Gestión de acceso a las bases de datos.	T1 T3 T4 T5 T6	Modelado conceptual Diagramas de flujo OWL-S	Jade MySQL
Giannakis y Louis (2011)	Gestión del riesgo en cadenas de suministro	Co	- Comunicador - Coordinador - Monitor - Gestor de contenidos - Gestor de interrupciones	- Gestión de bases de datos - Simulación - Gestión de acceso a las bases de datos.	T4 T6	Modelado conceptual	ERP en general
Ou-Yang y Winarjo (2011)	Soportar el modelado de sistemas multiagente bajo los entornos de redes Petri.	Co Te	- Receptor - Emisor	- Gestión de mensajes	T6	Redes Petri	Jade

A partir de la Tabla 7, es posible decir que los elementos principales para apoyar las diferentes propuestas de arquitecturas basadas en agentes consideran temáticas como el modelado de los procesos, la integración de las diferentes tecnologías pertenecientes a cada capa, la utilización de semánticas para la construcción de las ontologías del modelado y la consideración de las reglas de cooperación entre las diferentes entidades o nodos de la cadena de suministro (ver Figura 9). Esto con el objetivo de apoyar la colaboración en la cadena de suministro.

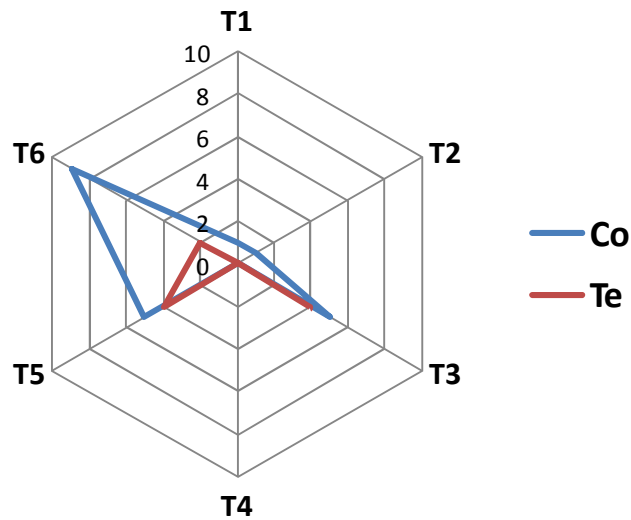


Figura 9. Relación topología de cadena versus tipo de arquitectura basada en agentes.

Por lo tanto, bajo la perspectiva del desarrollo de propuestas de arquitecturas para apoyar el modelado basado en agentes, es posible visualizar que éstas se orientan hacia una topología de tipo red. Esto se deberá a la consideración genérica que las arquitecturas deben tener en cuenta para su aplicación en diferentes entornos, así como además para utilizar las bondades del modelado basado en objetos bajo el cual las tecnologías de agentes basan todos sus principios. Estos principios, tal como se expresa en la Figura 9, consideran en la mayoría una perspectiva conceptual de modelado, lo cual implica que toda arquitectura basada en agentes tendrá en cuenta una conceptualización importante de los procesos, por ejemplo contenidos en las cadenas de suministro colaborativas, para luego enriquecer esta conceptualización y caracterización según alguna tecnología de apoyo a la implementación. En conjunto, se obtiene un entorno para el modelado de los procesos de apoyo a la gestión de la cadena de suministro que permitirá de forma genérica adaptarse a diferentes entornos y situaciones que se quiera resolver.

4.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MODELADO BASADO EN SISTEMAS MULTIAGENTE

De acuerdo con la documentación estudiada, es posible identificar, una serie de ventajas y desventajas del modelado basado en SMA. En base a esto, se desarrollará la propuesta de arquitectura del Capítulo 5 así como la

implementación de la arquitectura para el proceso de planificación colaborativa basada en SMA en el Capítulo 6.

4.3.2.1 VENTAJAS

Las ventajas relevantes del modelado basado en SMA se pueden ver desde el punto de vista conceptual como desde su implementación y aplicabilidad. Desde el punto de vista conceptual es posible decir que el modelado basado en SMA considera aquellos aspectos sociales que, muy comúnmente, no son considerados en las perspectivas conceptuales tradicionales. Esto implica tener un entendimiento mejor de lo que ocurre en el entorno y por consiguiente implicará establecer mejoras al sistema de una forma más eficaz.

Otra aspecto relevante del modelado basado en agentes, es que son capaces de considerar (o soportar) aquellas condiciones dinámicas del entorno que, en un modelo tradicional, resulta bastante complejo de incorporar principalmente debido a que solo se focalizan en un solo aspecto del dominio. Es decir, el modelado basado en SMA es bastante versátil al momento de considerar diferentes perspectivas del dominio de modelado, y resiliente al mismo tiempo. Por lo tanto, un modelo basado en SMA será capaz de adaptarse a nuevas circunstancias, por ejemplo, incorporar nuevos agentes, modificar o adaptar sus comportamientos, e incluso considerar nuevas configuraciones en la red (en este caso, de cadena de suministro). En este sentido, la resiliencia vendrá dada por el motivo de que el sistema multiagente, aun habiendo modificado sus características, poseerá la habilidad de regresar a un estado anterior en el que, por ejemplo, los objetivos se cumplían de una manera mejor. Por lo tanto, un modelo basado en SMA, será capaz además de incorporar nuevas características del entorno y, al mismo tiempo, desecharlas en caso de que no entreguen un aporte a los objetivos del dominio para volver a la versión de modelado previa.

Adicionalmente, dada la similitud con los modelos socio-económicos, no se requiere que el equipo de desarrollo encargado del proceso de modelado sea en su totalidad del ámbito informático o TIC. Por lo tanto, los SMA facilitan la incorporación en sus proyectos de personal multi-disciplinar, por ejemplo, del ámbito social, ingenieril, informático, etc.... Esto, principalmente, es atribuible al hecho de que las sociedades son heterogéneas tanto desde el punto de vista del conocimiento como del punto de vista de los intereses, y los SMA se orientan a considerar estos multi-aspectos disciplinares de los entornos, sobre todo, dinámicos.

Por otro lado, desde el punto de vista del desarrollo y la implementación, en relación con los sistemas tradicionales, es posible decir que los SMA presentan pocos requisitos, en general, para su aplicación en sistemas distribuidos. Esto permite la disminución en los costes de implementación. De esta manera, los SMA al considerarse cien por cien configurables, su aplicabilidad en entornos reales permite que sean accesibles por todo tipo de usuario (independientemente de los conocimientos que éste posea), por lo tanto, finalmente, es posible decir que

los SMA se adaptan al entorno de acuerdo con las necesidades de los usuarios independientemente de la plataforma o tecnología que se considere, lo cual implica una de sus más grandes ventajas o cualidades para evaluar su utilización en el modelado e implementación.

4.3.2.2 DESVENTAJAS

Las desventajas que los SMA apuntan, en su mayoría se dirigen, a la rigurosa definición de requerimientos iniciales para su implementación. Es decir, si bien una vez se ha implementado el SMA, los entornos podrán considerar una disminución en sus deficiencias, así como una mejora eficiente y eficaz en la ejecución de sus procesos, el establecimiento de una serie de requerimientos iniciales relacionados con el conocimiento, la infraestructura, la seguridad, etc, hacen que la fase de implementación de los SMA tienda a ser costosa en cuanto a la utilización de recursos y tiempo.

Adicionalmente, el modelado basado en agentes se debe desarrollar de modo que se asegure su permanencia, consistencia y escalabilidad en el tiempo. Esto, además, teniendo en cuenta las fases de aprendizaje propias de los SMA. Lo cual resulta una tarea compleja de tratar cuando los entornos son extremadamente dinámicos (variantes en el tiempo). De esta manera, la incorporación de estos dinamismos requiere de un trabajo de un alto nivel de especialización y, por tanto, de un coste en tiempo elevado. Estos costes se relacionan, principalmente, con los análisis exhaustivos que se han de considerar y establecer. Esto, además, debido a que el modelado basado en SMA debe ser compatible con las implementaciones futuras, resulta ser una de las fases más críticas y que juegan en contra de la implementación de los SMA.

Finalmente, es posible decir que a medida que la complejidad de un agente aumenta, resulta muy difícil identificar y establecer las relaciones que existen entre las conductas que conforman al agente con los demás agentes del entorno. Con lo cual, existirá una complejidad añadida para la implementación de los agentes debido a la consideración de sus metas personales. Esto se debe a que las metas de los agentes no pueden variar en el tiempo ya que se encuentran especificadas en la estructura base de éste, y los cambios en los objetivos, aunque si bien es una de las características positivas de los SMA, pueden implicar costes de desarrollo elevados.

4.4 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS MULTIAGENTE AL MODELADO DE LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN LAS DIFERENTES TOPOLOGÍAS DE CADENA DE SUMINISTRO

Como hipótesis de trabajo, desde la perspectiva tecnológica, el paradigma de agente se considera una buena tecnología para modelar y simular configuraciones complejas de cadenas de suministro. Así, teniendo en cuenta la robustez que presentan los SMA, será posible apoyar la integración entre las funciones de las empresas y los recursos. Según esto, se podrá favorecer entonces la colaboración en la cadena de suministro. Esto se verá favorecido debido a las características dinámicas, múltiples e híbridas que los SMA son capaces de considerar en sus comportamientos. Por lo tanto, debido a estas características, los SMA se presentan como TICs idóneas para soportar el modelado y la gestión de diferentes topologías de cadenas de suministro.

El presente sub-apartado, específicamente en la Tabla 8, presenta aportaciones relevantes al modelado y la aplicación de SMA en cadenas de suministro desde diferentes perspectivas. Para abordar las diferentes perspectivas se han considerado las dimensiones siguientes:

- **Objetivo.** Identifica el propósito principal del modelo basado en agentes.
- **Orientación del modelado.** Detecta si el modelo o propuesta considera agentes o SMA. Es decir, si los agentes se utilizan en un entorno local o distribuido.
- **Perspectiva colaborativa.** Tal como visto en el Capítulo 2, la perspectiva colaborativa, según el tratamiento de la información y los mecanismos de toma de decisión, podrá ser de tipo centralizada cuando es un único agente el que controla dichos flujos y mecanismos, o de tipo, descentralizada cuando cada agente, de manera independiente, gestiona y controla sus propios procesos de toma de decisión.
- **Método colaborativo para el modelado de procesos en la cadena de suministro.** Describe el mecanismo o procedimiento que se considera para soportar la colaboración en la cadena de suministro según la perspectiva de los SMA.
- **Topología.** De acuerdo con las topologías estudiadas y definidas en el Capítulo 2, se identifican las topologías más idóneas para la cual se vincula el modelo basado en agentes. Es decir, se tienen en cuenta las topologías T1 (diádica), T2 (rueda), T3 (secuencia), T4 (jerárquica), T5 (árbol) y T6 (red).

Tabla 8. Elementos de apoyo al modelado de procesos colaborativos en las diferentes topologías según una orientación de SMA._

Autor	Objetivo	Orientación del modelado		Perspectiva colaborativa		Método colaborativo para el soporte de los procesos en la cadena de suministro	Topología
		Agentes	SMA	Centralizada	Descentralizada		
Rabelo <i>et al.</i> (1999)	Gestión e integración de la información mediante la utilización de bases datos distribuidas y sistemas de gestión federados		X		X	Establecimiento de mecanismos de negociación que soporten la integración, comunicación y coordinación entre los agentes.	T2 T6
Kaihara (2001)	Simular el entorno de negocio de la cadena de suministro utilizando SMA.	X		X	X	Modelado de procesos de negocio según la consideración de agentes multi-comportamiento para negociar las adquisiciones entre los diferentes recursos.	T1 T3 T4 T5
Kaihara (2003)	Aplicabilidad del mercado virtual para facilitar una gestión de la cadena de suministro sofisticada desde un punto de vista dinámico del entorno.	X		X		Gestión de la cadena de suministro basada en la localización discreta de los recursos de forma dinámica.	T4 T5
Argoneto <i>et al.</i> (2006)	Soportar la planificación de la producción distribuida para empresas reconfigurables en redes de fabricación.	X		X		Combinación de técnicas de teoría de juegos, negociación y SMA para soportar sistemas altamente reactivos,	T1

Autor	Objetivo	Orientación del modelado		Perspectiva colaborativa		Método colaborativo para el soporte de los procesos en la cadena de suministro	Topología
		Agentes	SMA	Centralizada	Descentralizada		
Cheng <i>et al.</i> (2006)	Generar modelos automatizados de intercambio de información para soportar sistemas de inferencia <i>fuzzy</i> .	X		X		Negociaciones automatizadas para la consecución de acuerdos mutuamente aceptables.	T1
Jiao <i>et al.</i> (2006)	Soportar la planificación colaborativa de la producción según una perspectiva colaborativa, distribuida y descentralizada.		X	X	X	Sistema de negociación de contratos basados en SMA para gestionar la coordinación de la cadena de suministro.	T3 T4 T5 T6
Kaihara <i>et al.</i> (2006)	Establecer un modelo de empresa virtual para soportar la negociación entre socios potenciales de la cadena.	X		X	X	Mecanismos de negociación para soportar soluciones robustas con un máximo beneficio.	T1 T3
Lin y Lin (2006)	Coordinar la gestión de pedidos entre los miembros de la cadena de suministro para obtener planes ejecutables y efectivos.	X		X		Evaluación del comportamiento del sistema mediante la utilización de mecanismos de negociación soportados por SMA.	T1 T4 T5
Purnomo y Guizol (2006)	Vincular los aspectos sociales, los económicos y la dinámica de la biofísica para crear simulaciones basadas en SMA que permitan	X		X		Desarrollo de modelos conceptuales para establecer los objetivos del modelo y clasificar	T6

Autor	Objetivo	Orientación del modelado		Perspectiva colaborativa		Método colaborativo para el soporte de los procesos en la cadena de suministro	Topología
		Agentes	SMA	Centralizada	Descentralizada		
	explorar escenarios de colaboración en plantaciones.					sus componentes para identificar las relaciones y los patrones de comportamiento.	
Reaidy <i>et al.</i> (2006)	Soportar sistemas de fabricación complejos y heterogéneos teniendo en cuenta el paradigma de la co-optimización. Esto con la idea de mejorar las capacidades de reacción frente a sistemas de fabricación distribuidos.		X	X		Definición de protocolos de comunicación entre SMA para soportar la negociación de programas de producción en los ERP de las empresas.	T1
Wong <i>et al.</i> (2006)	Integración dinámica de los procesos de planificación y programación de la producción.	X		X		Evaluación de planes de producción utilizando SMA.	T1 T4 T6
Zhang <i>et al.</i> (2006)	Gestionar de manera dinámica y teniendo en cuenta los costes de las empresas, la integración efectiva y óptima de los sistemas de fabricación en cadenas de suministro de manera coordinada.	X		X		Utilización de mecanismos de negociación para soportar la planificación, programación y estructura de los sistemas de fabricación.	T1 T3 T4 T5
Gnansounou <i>et al.</i> (2007)	Soportar el proceso de planificación descentralizados en		X		X	Creación de agentes para soportar representaciones flexibles de mercados	T1 T2

Autor	Objetivo	Orientación del modelado		Perspectiva colaborativa		Método colaborativo para el soporte de los procesos en la cadena de suministro	Topología
		Agentes	SMA	Centralizada	Descentralizada		
	mercados de electricidad.					dinámicos y multi-funcionales.	T4
Marik y Lazansky (2007)	Generación de sistemas robustos, generales y reconfigurables para apoyar los procesos complejos de fabricación en la cadena de suministro.		X	X	X	Aplicación de sistemas de control distribuidos basados en SMA.	T6
Monteiro <i>et al</i> (2007)	Coordinación de las decisiones para apoyar sistemas de tipo multi-sitio.		X	X		Utilización de empresas virtuales para apoyar la coordinación de los nodos en la cadena de suministro.	T4 T5 T6
Song <i>et al</i> (2007)	Apoyar las reconfiguraciones ágiles de la cadena de suministro según las diferentes necesidades personalizadas de los clientes.	X		X		Identificación de nodos claves en la cadena para apoyar sus procesos de negociación mediante la técnica de licitación.	T1 T4 T5
Fasli y Michalakopoulos (2008)	Desarrollo de herramientas para el diseño e implementación de simulación de mercados electrónicos.	X		X		Aplicación de la teoría de juegos para apoyar mecanismos de subasta en el mercado electrónico.	T1
Jung <i>et al.</i> (2008)	Generación de planes de demanda para cadenas de suministro		X		X	Modelo de cadena de suministro	T5

Autor	Objetivo	Orientación del modelado		Perspectiva colaborativa		Método colaborativo para el soporte de los procesos en la cadena de suministro	Topología
		Agentes	SMA	Centralizada	Descentralizada		
	descentralizadas.					descentralizado para apoyar la planificación e intercambio de información entre los fabricantes y los proveedores logísticos.	T6
Nagarajan y Sosic (2008)	Aplicar la teoría de juegos cooperativa en la gestión de la cadena de suministro		X	X		Aplicación de modelos de negociación (basados en las subastas) para apoyar la coordinación entre los nodos	T1
Trappey y Hsiao (2008)	Apoyar la gestión tradicional del ciclo de vida de los productos mediante el diseño modular y colaborativo de productos.	X		X		Intercambio de información respecto al diseño de productos.	T1 T5
Forget <i>et al.</i> (2008)	Soporta la planificación en cadenas de suministros descentralizadas del sector de la ,madera.		X		X	Desarrollo de una planificación basada en agentes de comportamientos múltiples utilizando diferentes estrategias de planificación.	T3 T5
Leitao (2009)	Estudio de sistemas de control distribuidos basados en SMA		X	X		Representación de nodos de la cadena de suministro mediante	T1 T4

Autor	Objetivo	Orientación del modelado		Perspectiva colaborativa		Método colaborativo para el soporte de los procesos en la cadena de suministro	Topología
		Agentes	SMA	Centralizada	Descentralizada		
						agentes para apoyar la comunicación y los flujos de información.	T5 T6
Kim y Cho (2010)	Generación y formación de cadenas de suministro utilizando negociaciones soportadas por SMA.		X	X		Construcción de estrategias cooperativas para soportar el intercambio de información.	T4 T5 T6
Hernández <i>et al.</i> (2011)	Apoyar el proceso de la planificación colaborativa en cadenas de suministro descentralizadas.	X	X		X	Intercambio de planes de demanda y negociación de precios y cantidades basadas en modelos de programación lineal.	T1 T3

Tal como se observa en la Tabla 8, los autores utilizan los SMA con la idea de apoyar el modelado de sus procesos y obtener soluciones más realistas. De hecho, las soluciones presentadas por los autores consideran mecanismos de negociación para soportar los flujos de comunicación así como la sincronización de los mensajes. Específicamente en el caso de los procesos colaborativos, es posible visualizar que los métodos que se utilizan consideran, por un lado, la definición y vinculación de los agentes a cada entidad de la cadena y, por otro lado, la asignación de mecanismos de decisión (heurísticas, modelos matemáticos, simulación, etc.) para soportar el modelado de los comportamientos diferentes que cada agente puede considerar.

También, se observa que los autores consideran ambas orientaciones en relación con la utilización de los SMA. Es decir, plantean sus modelos a modo de un único agente que considera la mayoría de los comportamientos vinculados con los procesos o definen todos los agentes en modo local. Esta solución es ampliamente aceptada debido a que los agentes consideran hilos de ejecución diferentes, por lo que las tareas se pueden distribuir de igual manera. Por otro lado, también se considera la perspectiva de SMA. En este caso, cada nodo de la cadena de suministro es asignado a un único agente, quien en base a sus comportamientos pre-definidos, interactúa con otros agentes del entorno para resolver sus requerimientos teniendo en cuenta sus objetivos personales. De acuerdo con esto, es posible decir que la mayoría de los SMA se consideran compuestos por agentes auto-interesados, pero dispuestos a dialogar y llegar a acuerdos. Esto resulta de gran relevancia cuando se está en presencia de entornos colaborativos, puesto que será en base a estas interacciones que los mecanismos colaborativos, como son el intercambio de información y las negociaciones se vincularán y ejecutarán en los diferentes procesos.

Adicionalmente, es posible decir que los SMA están preparados para considerar las orientaciones centralizadas y descentralizadas de la colaboración. Con esto se pretende señalar que los SMA pueden estar estructurados de modo tal que sea un único agente el encargado de coordinar a los demás agentes, o bien cada agente pueda cumplir el rol de coordinador y, por tanto, gestionar sus propios procesos de toma de decisión en las cadenas de suministro colaborativas. Principalmente, en el caso de la perspectiva centralizada, un único agente considerará un flujo bidireccional de información, mientras que el resto considerará un flujo unidireccional. En el caso de la perspectiva descentralizada, cada agente podrá considerar cuantos flujos y direcciones de información estime oportuno.

Un visión cuantitativa de lo que se expresa en la Tabla 8 se presenta en la Tabla 9. El objetivo de esta Tabla 9 es contrastar el tipo de topología de cadena de suministro *versus* el tipo de agente y la perspectiva colaborativa que se considera. Las topologías que se estudian son las ya presentadas anteriormente y consideran el orden en base al nivel de complejidad planteado en el Capítulo 2.

Tabla 9. Relaciones entre los agentes y el tipo de colaboración según la topología.

Topología	Agente vs SMA	Centralizada vs descentralizada
T1 (diádica)	<p>SMA 31% Agentes 69%</p>	<p>descen- traliza- da 24% Central- izada 76%</p>
T2 (rueda)	<p>Agentes 0% SMA 100%</p>	<p>Central- izada 0% descen- traliza- da 100%</p>
T3 (secuencial)	<p>SMA 43% Agentes 57%</p>	<p>Central- izada 44% descen- traliza- da 56%</p>
T4 (jerárquica)	<p>SMA 36% Agentes 64%</p>	<p>descen- traliza- da 23% Central- izada 77%</p>
T5 (árbol)	<p>SMA 42% Agentes 58%</p>	<p>descen- traliza- da 29% Central- izada 71%</p>
T6 (red)	<p>Agentes 33% SMA 67%</p>	<p>descen- traliza- da 40% Central- izada 60%</p>

Tal como señalado en apartados anteriores, así como se visualiza también en la Tabla 8, los vínculos que existen entre el tipo de topología y los tipos de agentes en función del tipo de colaboración son suficientemente explícitos. Con esto, a partir de lo que se visualiza en la Tabla 9, es posible establecer (teniendo en cuenta los resultados que se presentan en la Tabla 8) que, en general, existe una cierta tendencia hacia plantear las propuestas y soluciones en base a la perspectiva de agentes más que a la perspectiva de multiagente en la mayoría de las topologías. No obstante, la topología de tipo red (T6), es la que considera, en mayor medida, la perspectiva multiagente (67%) para la generación y resolución de sus propuestas. En contraste a la topología tipo diádica (T1), que es la que más considera la orientación tipo agente (69%). Esto se presenta coherente frente a los hechos y tendencias descritas por los autores estudiados en los apartados anteriores. Así, es natural entender que los requerimientos de una topología del tipo red serán más complejos que las topologías del tipo diádica.

La tipología del tipo secuencial (T3) y tipo árbol (T5) son las que se encuentran en la mitad en cuanto a la diferencia de consideraciones entre la perspectiva de agente y de SMA. Es decir, que los autores, para estas topologías, si bien tienen en cuenta una leve inclinación hacia la consideración de agentes para sus propuestas, en promedio les resulta indistinto.

Respecto a las perspectivas de colaboración, se visualiza a partir de la Tabla 9 que existe una correlación importante entre las topologías del tipo secuencial (T3) y red (T6) en relación con la consideración de la perspectiva descentralizada de la colaboración. Esto quiere decir que para estas topologías resulta más atractivo para los autores plantear una estructura en la que cada agente considera sus propios procesos de toma de decisión de modo que los flujos de información son gestionados y coordinados por ellos mismos. Naturalmente, las perspectivas centralizadas cobrarán mayor relevancia donde se requiere que una única entidad coordine los flujos de información así como los mecanismos de apoyo a la toma de decisión en la cadena de suministro. Por lo tanto, los autores consideran relevante el planteamiento de estructuras centralizadas para las topologías del tipo diádica (T1), jerárquica (T4) y árbol (T5).

Por lo tanto, es posible decir que la aplicación de los sistemas multiagente al modelado de los procesos colaborativos se verá ampliamente afectado por el tipo de topología así como la orientación colaborativa que se considere. No obstante, los agentes se verán como entidades autónomas que, por un lado, considerarán sus propios comportamientos y, por otro lado, se presentarán de manera independiente a la plataforma. Con esto, se entenderá que los SMA, en general, resultan ser lo suficientemente versátiles y robustos para soportar el modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministros en sus diferentes topologías.

4.5 CONCLUSIONES

A partir de la revisión bibliográfica realizada en el presente Capítulo, se ha logrado constatar que la aplicabilidad de los SMA es amplia y diversa. Además, el número de referencia que es posible encontrar en la literatura, se encuentra en una evolución constante.

Los agentes son entidades que incluyen cuatro factores diferenciadores a los ya conocidos objetos, éstos son: autonomía, sociabilidad, reactividad y pro-actividad. Así, un agente representará la habilidad de desarrollar ejecuciones autónomas, así como la de desarrollar razonamientos orientados al dominio. Por lo que un agente será cualquier entidad capaz de percibir su entorno utilizando sensores que sean capaces de capturar y comunicar la información del entorno. De esta manera, los agentes se considerarán como autónomos en el caso en el que se encuentren en un sistema dinámico y complejo de modo que sean capaces de percibir e interactuar en el entorno. Para esto, los agentes cumplirán una serie de objetivos o tareas para los que han sido diseñados en su calidad de unidad de software persistente dedicada a un propósito específico. Al ser persistente, se hace la diferencia entre un agente y una subrutina. Los agentes, por tanto, tendrán sus propias directrices respecto cómo cumplir con sus tareas.

Respecto a las definiciones de cadena de suministro y la aplicación de los sistemas multiagente a éstas, se ha podido ver como la mayoría de los trabajos consideran una definición conceptual del modelado de la cadena de suministro identificando, principalmente, los lenguajes de modelado asociados así como las tecnologías de apoyo a los flujos de información y, por tanto, al proceso de toma de decisión de los agentes. De esta manera, la mayoría de las representaciones consideran un nivel de decisión estratégico-táctico y de forma separada consideran el nivel de decisión operativo.

Se ha visto como la mayoría de autores, a partir de una definición del entorno, o dominio, definen sus necesidades principales y, por consiguiente, establecen los agentes que soportarán las problemáticas. Para esto, se basan en los principios de inteligencia artificial donde serán las comunidades de agentes las que soportarán estos mecanismos de comunicación. Principalmente, se consideran comunidades de agentes a todas aquellas entidades disponibles para ser utilizadas dado un requerimiento dado. Los tipos de agentes que se detectan son aquellos capaces de interpretar la información y tomar decisiones frente a éstas así como aquellos que cumplirán la labor, meramente, de recolectar y enviar datos. Así, independientemente del tipo de agente que se considere, éstos deben cumplir con las características vinculadas a sus comportamientos y roles. Esto permitirá facilitar la consecución de los objetivos tanto individuales como del entorno.

Además, se ha visto como la creación de metodologías, así como la de arquitecturas, apoyará de forma eficaz el desarrollo del modelado de la cadena de suministro en base a agentes. Una de las características importantes de esto es que permitirá generar modelos versátiles y

compatibles con las diferentes topologías de cadena que se puedan considerar. De hecho, se ha visto como las diferentes topologías, además, pueden considerar tanto perspectivas de agentes como de SMA, así como modelos colaborativos centralizados y descentralizados. Para estos casos, los agentes se presentan como las tecnologías idóneas de apoyo al modelado de los procesos colaborativos en las diferentes topologías de cadena.

Finalmente, respecto al soporte de los procesos colaborativos en las diferentes topologías, según la perspectiva de los SMA, se ha identificado como la colaboración en la toma de decisión basada en agentes, puede facilitar el modelado así como la generación de mensajes coordinados entre las diferentes entidades de la cadena. Para esto, se tienen en cuenta los comportamientos y roles diferentes en la cadena. Principalmente, los SMA se presentarán como una herramienta aventajada en los entornos colaborativos descentralizados. De este modo, la gestión de la cadena de suministro con el apoyo de los sistemas multiagente, podrá considerar la generación de una serie de prototipos genéricos dispuestos a ser aplicados en cualquier entorno. Además, bajo la perspectiva de estos entornos colaborativos, será posible evaluar situaciones en relación con nivel de colaboración deseado y el nivel de colaboración mínimo requerido para cumplir con los objetivos personales de cada agente. Esto, teniendo en cuenta el sentido auto-interesado que cada agente considera por defecto.

REFERENCIAS

1. Alarcón, F., Ortiz, A., Alemany, M. y Lario, F. (2004). Planificación Colaborativa en un contexto de varias Cadenas de Suministro: ventajas y desventajas. VIII Congreso de Ingeniería de Organización, Leganés, 9 y 10 de septiembre de 2004 .
2. Allwood, J. M. y Lee, J. H. (2005). The design of an agent for modelling supply chain network dynamics, *International Journal of Production Research*, Vol. 43, No. 22, pp. 4875-4898.
3. AMICE (1993). *Esprit Consortium AMICE CIMOSA: Open System Architecture for CIM*, Springer-Verlag.
4. Amor, M. y Fuentes, L. (2009). Malaca: A component and aspect-oriented agent architecture. *Information and Software Technology*, Vol. 51, pp. 1052–1065.
5. Androulakis, I. y Reklaitis, G. (1999). Approaches to asynchronous decentralized decision making. *Computers and Chemical Engineering*, 23, 341–355.
6. Anussornnitisarn, P., Nof, S. Y., y Etzion, O. (2005). Decentralized control of cooperative and autonomous agents for solving the distributed resource allocation problem, *International Journal of Production Economics*, Vol. 98, No. 2, pp. 114-128.
7. Araúzo, J.A., Pajares, J. y Lopez-Paredes, A. (2010). Simulating the dynamic scheduling of project portfolios. *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 18, pp. 1428–1441.
8. Argoneto, P., Bruccoleri, M., Lo Nigro, G., Perrone, G., Noto la Diega, S., Renna, P. y Sudhoff, W. (2006) High Level Planning of Reconfigurable Enterprises: a Game Theoretic Approach. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 55, 509-512.
9. Artikis, A. y Pitt, J. (2001). A formal model of open agent societies. In *Proc. Autonomous Agents*, pp. 192 - 193.
10. Awa, H.O., Awara, N.F. y Emecheta, B.C. (2010). Collaborative Supply Chain in the Digital Age: A Case Study of its Extent of Adoption by Indigenous Organizations in Building Inter-and Intra-firm Alignments. *Computer and Information Science*, Vol. 3 No. 1, pp. 128-138.
11. Azevedo, A. L., Toscano, C., Sousa, J. P., y Soares, A. L. (2004), An advanced agent-based order planning system for dynamic networked enterprises, *Production Planning & Control*, Vol. 15, No. 2, pp. 133-144.
12. Ba S., R. Kalakota, A.B. Whinston (1997), Using client-broker-server architecture for Intranet decision support, *Decision Support Systems*, Vol. 19, pp. 171-192.

13. Barrat, M. (2004). Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. *Supply chain Management: An International Journal*, Vol. 9 No. 1, pp. 30-42.
14. Bates, J., Bryan Loyall, A., y Scott Reilly, W. (1992). An architecture for action, emotion, and social behaviour. Technical Report CMU-CS-92-144, School of computer Science, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, PA.
15. Bates, J. (1994). The role of emotion in believable agents. *Communications of the ACM*, Vol 37 No 7, pp. 122-125.
16. Bauer, B. y Odell, J. (2001). Agent UML: A formalism for specifying multiagent interaction. *Agent-oriented software engineering*, (Springer-Verlag, BERLIN): pp. 91-103.
17. Berning, G., Brandenburg, M., Gursoy, K., Kussi, J. S., Mehta, V., y Tolle, F. J. (2004). Integrating collaborative planning and supply chain optimization for the chemical process industry (I) - methodology, *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 28, No. 6-7, pp. 913-927.
18. Bernon, C., Gleizes, M., Peyruqueou, S., y Picard, G. (2002). Adelfe, a methodology for adaptive multi-agent systems engineering. In *Engineering Societies in the AgentsWorld III : Third International Workshop, ESAW 2002, Madrid, Spain, September 16-17, 2002. Revised Papers, Lecture Notes in Artificial Intelligence* , Vol. 2577 P.Petta, R. Tolksdorf, F. Zambonelli, pp. 156-169, 2003.
19. Bilgen, B. y Ozkarahan, I. (2007). A mixed-integer linear programming model for bulk grain blending and shipping, *International Journal of Production Economics*, Vol. 107, No. 2, pp. 555-571.
20. Binder, M. y Clegg, B. (2007). Enterprise management: A new frontier for organisations, *International Journal of Production Economics*, Vol. 106, No. 2, pp. 409-430.
21. Bond, A. H. y Gasser, L. (1988). *Readings in distributed artificial intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA.
22. Bousqueta, F. y Le Page (2004). Multi-agent simulations and ecosystem management: a review, *Ecological Modelling*, Vol. 176, No. 3-4, 2004, pp. 313-332.
23. Brandenburger, A. M., y Nalebuff, B. J. (1996). *Co-opetition*, New York.
24. Brandolese, A., Brun, A., y Portioli-Staudacher, A. (2000). A multi-agent approach for the capacity allocation problem, *International Journal of Production Economics*, Vol. 66, No. 3, pp. 269-285.
25. Bresciani, P., Giorgini, P., Giunchiglia, F., Mylopoulos, J. y Perrini, A. (2002). *Tropos: an Agent-Oriented Software Development*

- Methodology. Technical Report DIT-02-0015, University of Trento, Italy (2002).
26. Buxmann, P. y König, W. (2000). *Inter-organizational Cooperation with SAP Systems*. Springer, Berlin et al. 2000.
 27. Byrne, P. J. & Heavey, C. (2006). The impact of information sharing and forecasting in capacitated industrial supply chains: A case study, *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, No. 1, pp. 420-437.
 28. Castelfranchi, C., Miceli, M. y Cesta, A. (1992). Dependence relations among autonomous agents. In Werner, E. and Demazeau, Y., editors, *Decentralized AI 3 — Proceedings of the Third European Workshop on Modelling Autonomous Agents and Multi-Agent 46 Worlds (MAAMAW-91)*, pages 215–231. Elsevier Science Publishers B.V.: Amsterdam, The Netherlands.
 29. Caire, G., Leal, F., Chainho, P., Evans, R., Garijo, F., Gomez-Sanz, J. J., Pavon, J., Kerney, P., Stark, J. y Massonet, P. (2001). *Agent Oriented Analysis using MESSAGE/UML*. Actas de conferencia. Springer Verlag. LNCS 2222. 2001. pp. 119-135
 30. Caridi, M., Cigolini, R., y De Marco, D. (2005). Improving supply-chain collaboration by linking intelligent agents to CPFR, *International Journal of Production Research*, Vol. 43, No. 20, pp. 4191-4218.
 31. Cavalieri, S., Cesarotti, V., y Introna, V. (2003). A multiagent model for coordinated distribution chain planning, *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, Vol. 13, No. 3-4, pp. 267-287.
 32. Chaib-draa, B. (1992). *Distributed Artificial Intelligence: An Overview*. An artificial intelligence review, No 6, pp. 35-66.
 33. Chan, F. T. S. y Chan, H. K. (2005). A new model for manufacturing supply chain networks: a multiagent approach, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*, Vol. 218, No. 4, pp. 443-454.
 34. Chang J., B. Choi, H. Lee (2004). An organizational memory for facilitating knowledge: an application to e-business architecture, *Expert Systems with Applications*, Vol. 26, pp. 203–215.
 35. Charu, C., Janis, G. y Armen, T. (2007). Problem taxonomy: a step towards effective information sharing in supply chain management, *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 11, pp. 2507-2544.
 36. Chen, Y., Peng, Y., Finin, T., Labrou, Y. y Cost, S. (1999). A negotiation-based Multi-agent systems for supply chain management.
 37. Cheng, C. B., Chan, C. C. H. y Lin, K. C. (2006) Intelligent agents for e-marketplace: Negotiation with issue trade-offs by fuzzy inference systems. *Decision Support Systems*, 42, 626-638.

38. Chen D., S.J. Turner, W. Cai, M. Xiong (2008). A decoupled federate architecture for high level architecture-based distributed simulation, *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Vol. 68, pp. 1487–1503.
39. Christopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management—Strategies for Reducing Cost and Improving Service*, second ed. London.
40. Christopher, M.L. (1992). *Logistics and Supply Chain Management*. London: Pitman Publishing.
41. Coen, M. (1994). *SodaBot: A Software Agent Environment and Construction System*. Master's thesis, MIT, Cambridge MA, 1994.
42. Cooper, M., Eilram, L.M., Gardner J.T., y Hanks, A.M. (1997). Meshing Multiple alliances, *Journal of Business Logistics*, Vol. 18 No. 1, pp. 67-89. Disponible en http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3705/is_199701/ai_n8753721 (Revisado en 15/05/2011).
43. Cooper, M.C., Lambert, D.M. y Pagh, J.D. (1997). Supply chain management: More than a new name for logistics. *International Journal of Logistics Management* Vol. 8, No. 1, pp. 1-13.
44. Chella A., Cossentino, M., Sabatucci, L. y Seidita V. (2004). From passi to agile passi: tailoring a design process to meet new needs.
45. Dangelmaier, W., Heidenreich, J., y Pape, U. (2005). Supply chain management: a multi-agent system for collaborative production planning, pp. 309-314. This paper appears in: e- echnology, e-Commerce and e-Service, 2005. *EEE '05. Proceedings. The 2005 IEEE International Conference on Publication Date: 29 March-1 April 2005*.
46. Dastani, M., Dignum, V., y Dignum, F. (2003). Role-assignment in open agent societies. In *Proceedings of the Second international Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (Melbourne, Australia, July 14 - 18, 2003)*. AAMAS '03. ACM Press, New York, NY, pp. 489-496.
47. Davis, R. y Smith, R. G. (1983). Negotiation as a metaphor for distributed problem solving. *Artif. Intell.*, Vol. 20, No. 1, pp. 63 -109.
48. Dellarocas, C. y Klein, M. (1999). Civil agent societies: Tools for inventing open agent-mediated electronic marketplaces. In *Proc. AMEC (at IJCAI'99)*, Stockholm, Sweden.
49. Dejan, M., Markus, B., Ingo, B., John, C., Stefan, C., Barry, F., Kazuya, K., Danny, L., Kouichi, O., Mitsuru, O., Cynthia, T., Sankar, V. y Jim, W. (1998), MASIF: The OMG mobile agent system interoperability facility. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol 2 No 2, 117-129.
50. Deshpande, U., Gupta, A., y Basu, A. (2005). Performance enhancement of a contract net protocol based system through

- instance-based learning, *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B-Cybernetics*, Vol. 35, No. 2, pp. 345-358.
51. De Toni, A. y Meneghetti, A. (2000). The production planning process for a network of firms in the textile-apparel industry, *International Journal of Production Economics*, Vol. 65, No. 1, pp. 17-32.
 52. Dikenelli, O. y Erdur, R.C. (2003). Sabpo : A standards-based and pattern-oriented multi-agent development methodology. In *Engineering Societies in the Agents World III : Third International Workshop, ESAW 2002*, Madrid, Spain, September 16-17, 2002. Revised Papers, *Lecture Notes in Artificial Intelligence* , Vol. 2577 P. Petta, R. Tolksdorf, F. Zambonelli, pp. 213-226, 2003.
 53. Disney, S. M., Naim, M. M., y Potter, A. (2004). Assessing the impact of e-business on supply chain dynamics, *International Journal of Production Economics*, Vol. 89, No. 2, pp. 109-118.
 54. Durfee, E., H., Lesser, V., R., y Corkill, D., D. (1989). Trends in Cooperative Distributed Problem Solving. *IIIE Transactions*. Department of computes science and electronic engineering. University of Maryland Baltimore County.
 55. Durfee, E. H. (2001). Scaling up coordination strategies, *IEEE Comput.*, Vol. 34, No. 7, pp. 39–46, Jul. 2001.
 56. Dudek, G. y Stadtler, H. (2005). Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners, *European Journal of Operational Research*, Vol. 163, No. 3, pp. 668-687.
 57. Dudek, G. y Stadtler, H. (2007). Negotiation-based collaborative planning in divergent two-tier supply chains, *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 2, pp. 465-484.
 58. Demazeau, Y. (1995). From cognitive interactions to collective behaviour in agent-based systems. *Actas de conferencia*. European Conference on Cognitive Science.
 59. Excelente-Toledo, C. B. y Jennings, N. R. (2005). Using reinforcement learning to coordinate better, *Computational Intelligence*, Vol. 21, No. 3, pp. 217-245.
 60. Fandel, G. y Stammen, M. (2004). A general model for extended strategic supply chain management with emphasis on product life cycles including development and recycling, *International Journal of Production Economics*, Vol. 89, No. 3, pp. 293-308.
 61. Fasli, M. y Michalakopoulos, M. (2008). e-Game: A platform for developing auction-based market simulations. *Decision Support Systems*, 44, 469-481.
 62. Ferber, J. (1995). *Les Systèmes Multi-Agents–Vers Une Intelligence Collective*. InterEditions.

63. Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge, MA, MIT Press, 1961.
64. Forget, P., D'Amours, S. y Frayret, J. (2008). Multi-behavior agent model for planning in supply chains: An application to the lumber Industry. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 24, pp. 664–679.
65. Fox, M. S., Barbuceanu, M., y Teigen, R. (2000). Agent-oriented supply-chain management. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* vol 12, pp. 165-188.
66. Franklin, S. y Graesser, A. (1996). Is It an Agent, or Just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. Disponible es: <http://www.msci.memphis.edu/~franklin/AgentProg.html>. (Revisado en 15/05/2011).
67. Franklin, S. y Graesser, A. (1997), Is it an agent, or just a program? In J. P. Müller, M. Wooldridge, and N. R. Jennings, editors, *Intelligent Agents III (LNAI Volume 1193)*. Springer-Verlag: Berlin, Germany, 1997, pp. 21–36.
68. Frayret, J.M., A'Amours, S., Rouseau, A. y Harvesy, S. (2005). Agent based supply chain planning in the forest products industry. Network Organisation Technology Research Centre, Universite Laval, Quebec, Canada
69. Fung, R.Y.K. y Chen, T (2005). A multiagent supply chain planning and coordination architecture. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 25 No. 7, pp. 811-819.
70. Galland, S., Grimaud, F., Beaune, P., y Campagne, J. P. (2003). M(A)MA-L: An introduction to a methodological approach for the simulation of distributed industrial systems, *International Journal of Production Economics*, Vol. 85 No. 1, pp. 11-31.
71. Gasser, L., (1991). An overview of DAI. In: *Distributed Artificial Intelligence. Theory and Praxis*. Kluwer Academia Publishers, Dordrecht.
72. Genesereth, M. R. y Ketchpel, S. P. 1994, *Software Agents*. Communication of the ACM No37, pp. 48-53.
73. Giannakis, M. y Louis, M. (2011). A multi-agent based framework for supply chain risk management. *Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 17, pp. 23–31.
74. Gmytrasiewicz, P. J. y Durfee, E. H. (1993). Towards a Theory of Honesty and Truth Among communicating Autonomous Agents (Special issue on Distributed Artificial Intelligence), No 2, pp. 237-258.
75. Gnansounou, E., Pierre, S., Quintero, A., Dong, J. y Lahlou, A. (2007). A multi-agent approach for planning activities in decentralized electricity markets. *Knowledge-Based Systems*, 20, 406-418.

76. Grolik, S. y Stockheim, T. (2001). Agent-based Supply Web Coordination - A Computer Manufacturing Case, Working Paper 2002-45, Institute for Information Systems, Johann Wolfgang Goethe University Frankfurt.
77. Grolik, S., Stockheim, T., Wendt, O., Albayrak, S. y Fricke, S. (2001). Dispositive Supply-Web-Koordination durch Multiagentensysteme. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK, Vol 2 No 43, pp. 143-156.
78. Gunasekaran, A., Patel, C., y McGaughey, R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement", International Journal of Production Economics, Vol. 87, No. 3, pp. 333-347.
79. Gupta A., Whitman L. y Agarwal K. (2001). Supply chain agent decision aidRapids, MI, 1994.system (SCADAS), in: Proc. of the 2001 Winter Simulation
80. Hadeli, Valckenaers, P., Kollingbaum, M., & Van Brussel, H. (2004). Multi-agent coordination and control using stigmergy. Computers in Industry, Vol. 53, No. 1, pp. 75-96.
81. Harmon, R., L. (1992). The Free Press, 1992, ISBN 0-92-913862-0.
82. Hayes-Roth, B. (1995). An Architecture for Adaptive Intelligent Systems, Artificial Intelligence: Special Issue on Agents and Interactivity, Vol. 72, pp. 329-365.
83. Hernández, J.E., Mula, J., Ferriols, F. J. (2008). A reference model for conceptual modelling of production planning processes. Production Planning & Control, Vol. 19 No. 8, pp. 725-734.
84. Hernández, J.E, Poler, R. y Mula, J. (2009a). A supply chain architecture based on multi-agent systems to support decentralized collaborative processes. En: Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks, Springer (Ed.), pp. 128-135.
85. Hernández, J.E., Alemany, M.M.E, Lario, F.C. y Poler, R. (2009b). SCAMM-CPA: A Supply Chain Agent-Based Modelling Methodology That Supports a Collaborative Planning Process. Innovar. Vol. 19 No. 34, pp. 99-120.
86. Hernández J.E, Poler, R. y Mula, J. (2010). An Interoperable enterprise architecture to support decentralized collaborative planning processes in supply chain networks, in: Enterprise Interoperability IV Springer (Ed.), 2010, p. 213-224.
87. Hernández, J.E., Mula, J., Poler, R. y Pavón, J. (2011). A multiagent negotiation based model to support the collaborative supply chain planning process. Studies in Informatics and Control, Vol. 20 No. 1, pp. 43-54.
88. Houlihan, B. (1988), International Supply Chains: A New Approach," Management Decision, Vol. 26, No. 3, pp. 13-19.

89. Huiskonen, J. (2001). Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices, *International Journal of Production Economics*, Vol. 71, No. 1-3, pp. 125-133.
90. Huget, M-P. (2002). An Application of Agent UML to Supply Chain Management, in *Proceedings of the Fourth International Bi-Conference Workshop on Agent-Oriented Information Systems*, Bologna, Italy, 2002.
91. Iglesias, C., Mercedes Garijo, M., Gonzalez, J. C., y Velasco, J. R. (1998). Analysis and design of multiagent systems using MASCommonKADS, en *Intelligent Agents IV* . LNAI Volume 1365 ed. SpringerVerlag: Berlin, 1998.
92. Ivanov, D., Sokolov, B. y Kaeschel, J. (2010). A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics considerations. *European Journal of Operational Research*, Vol. 200, pp. 409–420.
93. Jabeur, N. , McCarthy, J.D., Xing, X. y Graniero, P.A. (2009). A knowledge-oriented meta-framework for integrating sensor network infrastructures. *Computers & Geosciences*, Vol. 35, pp. 809–819
94. Jennings, N., Sycara, K. y Wooldridge, M. (1998). A roadmap for agent research and development. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Vol. 1, no 1, pp.7-38.
95. Jiao, J., You, X. y Kumar, A. (2006). An agent-based framework for collaborative negotiation in the global manufacturing supply chain network. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 22, 239-255.
96. Julka, N., Srinivasan, R., y Karimi, I. (2002). Agent-based supply chain management-1: framework, *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 26, No. 12, pp. 1755-1769.
97. Jung, H. S. y Jeong, B. (2005). Decentralised production-distribution planning system using collaborative agents in supply chain network, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 25, No. 1-2, pp. 167-173.
98. Jung, H., Frank Chen, F. y Jeong, B. (2008). Decentralized supply chain planning framework for third party logistics partnership. *Computers & Industrial Engineering*, 55, 348-364.
99. Kaihara, T. (2001). Supply chain management with market economics. *International Journal of Production Economics*, 73, 5-14.
100. Kaihara, T. (2003). Multi-agent based supply chain modelling with dynamic environment, *International Journal of Production Economics*, Vol. 85 No. 2, pp. 263-269.
101. Kaihara, T., Fujii, S. y Iwata, K. (2006). Virtual Enterprise Coalition Strategy with Game Theoretic Multi-Agent Paradigm. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 55, 513-516.

102. Kalchschmidt, M., Zotteri, G., y Verganti, R. (2003). Inventory management in a multi-echelon spare parts supply chain, *International Journal of Production Economics*, Vol. 81-82, pp. 397-413.
103. Kampstra, R.P., Ashayeri, J. y Gattorna, J.L. (2006). Realities of supply chain collaboration. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 17 No. 3, pp. 312 – 330.
104. Karageorgos, A., Mehandjiev, N., Weichhart, G., y Hammerle, A. (2003). Agent-based optimisation of logistics and production planning, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 16, No. 4, pp. 335-348.
105. Kendall, E.A., Malkoun, M. y Jiang, C.H. (1995). A Methodology for Developing Agent Based Systems for Enterprise Integration, *EIF'95, IFIP TC5 SIG Working Conference on Models and Methodologies for Enterprise Integration*, Heron Island, Australia, November.
106. Kim, H.S. y Cho, J.H. (2010). Supply chain formation using agent negotiation. *Decision Support Systems*, Vol. 49, pp. 77–90.
107. Kinny, D. y Georgeff, M. (1996). A methodology and modelling technique of systems of bdi agents. In *Agents breaking away : Proceedings of the seventh European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-agent World*, Y. Demazeau and J.-P.Müller, (eds.) Volume 1038 of LNCS, New York : Springer, pp. 56-71, 1996.
108. Kjenstad, D. (1998). Coordinated supply chain scheduling. Ph. D. Thesis and NTNU Report 1998:24, Department of Production and Quality Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim.
109. Kremer, M., Schneeweiss, C., y Zimmermann, M. (2006). On the validity of aggregate models in designing supply chain contracts, *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, No. 2, pp. 656-666.
110. La Londe, Bernard J. y Masters, J.M. (1994), *Emerging Logistics Strategies; Blueprints for the Next Century*, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 24, No. 7, pp. 35-47.
111. La Londe y Bernard J. (1997). Supply Chain Management: Myth or Reality?. *Supply chain Management Review*. Vol. 1, Spring, pp. 6-7.
112. Lambert, D. M., James R. S., y Lisa M. E. (1998). *Fundamentals of Logistics. Management*. Boston, MA: Irwin/McGraw-Hill. Chapter 14.
113. Lario, F.C. y Vicens, E. (2006). Modelos conceptuales en planificación colaborativa de la red/cadena de suministro (R/CdS) en un contexto de modelado de procesos de negocio. X Congreso de Ingeniería de Organización, Valencia, 7 y 8 de septiembre de 2006.

114. Lau, J. S. K., Huang, G. Q., Mak, H. K. L., y Liang, L. (2006). Agent-based modeling of supply chains for distributed scheduling, *Ieee Transactions on Systems Man and Cybernetics Part A-Systems and Humans*, Vol. 36, No. 5, pp. 847-861.
115. Lee, H., L. y Billington, C. (1992). *Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities*, Spring 1992.
116. Lee, S. K. y Hwang, C. S. (2004). Architecture modeling and evaluation for design of agent-based system, *Journal of Systems and Software*, Vol. 72, No. 2, pp. 195-208.
117. Leitao, P. (2009). Agent-based distributed manufacturing control: A state-of-the-art survey. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 22, pp. 979–991.
118. Lejeune, M. y Yakova, N. (2005). On characterizing the 4 C's in supply chain management, *Journal of Operations Management*. Vol. 23, pp. 81–100.
119. Li, M., Wang, J., Wong, Y. S., y Lee, K. S. (2005). A collaborative application portal for the mould industry, *International Journal of Production Economics*, Vol. 96, No. 2, pp. 233-247.
120. Li, W., Humphreys, P. K., Yeung, A. C. L., y Edwin Cheng, T. C. (2007). The impact of specific supplier development efforts on buyer competitive advantage: an empirical model, *International Journal of Production Economics*, Vol. 106, No. 1, pp. 230-247.
121. Lin, C. T., Chiu, H., y Chu, P. Y. (2006). Agility index in the supply chain, *International Journal of Production Economics*, Vol. 100, No. 2, pp. 285-299.
122. Lin, F. R. y Lin, Y. Y. (2006). Integrating multi-agent negotiation to resolve constraints in fulfilling supply chain orders. *Electronic Commerce Research and Applications*, 5, 313-322.
123. Maes, P. (1995). Artificial Life Meets Entertainment: Life like Autonomous Agents, *Communications of the ACM*, 38, 11, 108-114.
124. Marík, V. y Lazanský, J. (2007). Industrial applications of agent technologies. *Control Engineering Practice*, 15, 1364-1380.
125. Merce, C. y Fontan, G. (2003). MIP-based heuristics for capacitated lotsizing problems, *International Journal of Production Economics*, Vol. 85, No. 1, pp. 97-111.
126. Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Soonhoong, M., Nix, N. W., Smith, C. D., y Zacharia, Z. G. (2001). Defining Supply Chain Management, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 2, pp. 1-25.
127. Michael H. C., (1995). *SodaBot: A Software Agent Construction System*, MIT AI Lab, USA, 1995.

128. Miyashita, K. (1998). CAMPS: a constraint-based architecture for multi-agent planning and scheduling. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 9(2), 147-154.
129. Mitra, S. Chatterjee, A. K. (2004). Echelon stock based continuous review (R, Q) policy for fast moving items, *Omega-International Journal of Management Science*, Vol. 32, No. 2, pp. 161-166.
130. Mohebbi, E., Choobineh, F., y Pattanayak, A. (2007). Capacity-driven vs. demand-driven material procurement systems, *International Journal of Production Economics*, Vol. 107, No. 2, pp. 451-466.
131. Monczka, R., Robert T., y Robert H. (1995). *Purchasing and Supply Chain Management*. Cincinnati, OH: South-Western College Publishing, Chapter 8.
132. Monteiro, T., Roy, D. y Anciaux, D. (2007). Multi-site coordination using a multi-agent system. *Computers in Industry*, 58, 367-377.
133. Montreuil, B., Frayret, J. M., y D'Amours, S. (2000), A strategic framework for networked manufacturing, *Computers in Industry*, Vol. 42, No. 2-3, pp. 299-317.
134. Muckstadt, J.A., Murray, D.H., Rappold, J.A. y Collins, D.E. (2001). Guidelines for Collaborative Supply Chain System Design and Operation. *Information Systems Frontiers*, Vol. 3 No. 4, pp. 427-453.
135. Nagarajan, M. y Sobic, G. (2008). Game-theoretic analysis of cooperation among supply chain agents: Review and extensions. *European Journal of Operational Research*, 187, 719-745.
136. Nahm Y.E. y Ishikawa, H. (2005). A hybrid multi-agent system architecture for enterprise integration using computer networks, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 21, 2005, p. 217-234.
137. Nash, J. (1951). Non-cooperative games. *Annals of mathematics*. Vol. 54, No. 2.
138. NEVEM (1989). *Workgroup, Performance Indicators in Logistics*, IFS Publications, Springer-Verlag.
139. Nishioka, Y. (2004). Collaborative agents for production planning and scheduling (CAPPS): a challenge to develop a new software system architecture for manufacturing management in Japan, *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 17, pp. 3355-3368.
140. Nishi, T., Konishi, M., y Hasebe, S. (2005). An autonomous decentralized supply chain planning system for multi-stage production processes, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 16, No. 3, pp. 259-275.
141. Nwana, H. (1996). *Software Agents: An Overview*. *Knowledge engineering Review* no 11, pp. 205-244.

142. Nwana, S., Ndumu, D.T., Lee, L.C. y Collis, J.C. (1999). Zeus: A Toolkit for Building Distributed Multi-Agent Systems. 3th International Conference on Autonomous Agents, Seattle, WA, USA (1999)
143. Odell, J. J., Parunak, H. V., Fleischer, M., y Brueckner, S. (2002). Modeling agents and their environment SPRINGER-VERLAG BERLIN, BERLIN.
144. O'Hare, G. y Jennings, N. (1996). Foundations of Distributed Artificial Intelligence, Wiley, New York, 1996.
145. Odell J. y Parunak, H.V.D. (2000). Extending UML for agents, In: G. Wagner, Y. Lesperance, and E. Yu, (eds.), Proceedings of the Agent-Oriented Information Systems Workshop at the 17th National conference on Artificial Intelligence, 2000, p. 3-17, Texas, US.
146. Ojala, M. y Hallikas, J. (2006). Investment decision-making in supplier networks: Management of risk, International Journal of Production Economics, Vol. 104, No. 1, pp. 201-213.
147. Omicini, A. (2000). SODA: Societies and infrastructures in the analysis and design of agent-based systems. In Agent-Oriented Software Engineering, Ciancarini, Paolo AND Wooldridge, Michael J. (eds.), LNCS volume 1957, pp. 185-193, 2000.
148. Ortiz A., Franco, R.D. y Alba, M. (2003). V-Chain: Migrating From Extended To Virtual Enterprise Within An Automotive Supply Chain, PRO-VE 2003, Proceedings. Processes and Foundations for Virtual Organizations, 2003, p. 145-152.
149. Ou-Yang, C. y Winarjo, H. (2011). Petri-net integration – An approach to support multi-agent process mining. Expert Systems with Applications, Vol. 38, pp. 4039–4051.
150. Parunak, H.V.D. y VanderBok, R. (1998). Modeling The Extended Supply Network. Industrial Technology Institute. Ann Arbor, MI.
151. Parunak, H.V.D. (1998). The DASCh Experience: How to Model a Supply Chain, in: Proceedings of the 4th International Conference on Cognitive Systems-ICCS'98, New Delhi, India, (1998).
152. Padgham, L. y Winiko, M. (2002). Prometheus: A methodology for Developing Intelligent Agents. 3th Agent-Oriented Software Engineering Workshop, Bologna, Italy (2002).
153. Pavón J. y Gómez-Sanz, J. (2003). Agent Oriented Software Engineering with INGENIAS, Multi-Agent Systems and Applications III, In: Lecture Notes in Computer Science, Springer (Ed.), Vol. 2691, 2003, p. 394-403
154. Pavón, J., Gómez-Sanz, J. J. y Fuentes, R. (2004). INGENIAS, Disponible en: <http://grasia.fdi.ucm.es/ingenias/> (revisado en 15/05/2011).

155. Pérez, M.S., Sánchez, A., Abawajy, J.H., Robles, V. y Peña, J.M. (2009). An agent architecture for managing data resources in a grid environment. *Future Generation Computer Systems*, Vol. 25, pp. 747-755.
156. Puigjaner, L. y Guillén-Gosálbez, G. (2008). Towards an integrated framework for supply chain management in the batch chemical process industry. *Computers & Chemical Engineering*, 32, 650-670.
157. Purnomo, H. y Guizol, P. (2006). Simulating forest plantation co-management with a multi-agent system. *Mathematical and Computer Modelling*, 44, 535-552.
158. Qi Yan, L.-J.S., Xin-Jun Mao, Zhi-Chang Qi (2002). ROMAS: A role-based modeling method for multi-agent system.
159. Rabelo, R. J., Camarinha-Matos, L. M. y Afsarmanesh, H. (1999). Multi-agent-based agile scheduling. *Robotics and Autonomous Systems*, 27, 15-28.
160. Reiner, G. y Trcka, M. (2004). Customized supply chain design: Problems and alternatives for a production company in the food industry. A simulation based analysis, *International Journal of Production Economics*, Vol. 89, No. 2, pp. 217-229.
161. Reaidy, J., Massotte, P., y Diep, D. (2006). Comparison of negotiation protocols in dynamic agent-based manufacturing systems, *International Journal of Production Economics*, Vol. 99, No. 1-2, pp. 117-130.
162. Reiner, G. (2005). Customer-oriented improvement and evaluation of supply chain processes supported by simulation models, *International Journal of Production Economics*, Vol. 96, No. 3, pp. 381-395.
163. Richard, Y. K. F. y Tsiushuang, C. (2005). A multiagent supply chain planning and coordination architecture, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 25, No. 7, pp. 811-819.
164. Russell, S. J. y Norvig, P. (1995). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. Disponible en <http://aima.cs.berkeley.edu/> (revisado el 26 de Mayo de 2011)
165. Rosenschein, J., S. y Zlotkin, G. (1994). *Rules of Encounter*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, ISBN 0-262-18159-2
166. Ross. D. F. (1998). *Competing Through Supply Chain Management*. New Yorit, NY: Chapman & Hall. Multiple alliances, *Journal of Business Logistics*, yo\ 18, No. I, pp. 67-89
167. Ross, A. D. (2000). Performance-based strategic resource allocation in supply networks, *International Journal of Production Economics*, Vol. 63, No. 3, pp. 255-266.
168. Rohde, J., Meyr, H., Wagner, M. (2000). Die supply chain planning matrix. *PPS Management* 5, 10-15.

169. Rohde, J., y Wagner, M. (2002). Master Planning. In: Stadler, H., Kilger, C. (Eds.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, second ed. Berlin, pp. 143–160.
170. Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F. y Lorenzen W. (1991). *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1991.
171. Saad S., H. Zgaya y S. Hammadi (2008). Novel Ontology Model for Communicating Heterogeneous Negotiation Mobile-Agent in a Transport Environment, *Studies in Informatics and Control*, Vol. 17, No. 4, 2008, p. 333-352.
172. Sadeh, N. M., Hildum, D.W., Kjenstad, D. y Tseng, A. (1999). MASCOT: An Agent-Based Architecture for Coordinated Mixed-Initiative Supply Chain Planning and Scheduling, *Third International Conference on Autonomous Agents (Agents '99) Workshop on Agent-Based Decision Support for Managing the Internet-Enabled Supply Chain*, Seattle WA.
173. Sandholm, T., W. (1996), Ph.D. Thesis, Department of Computer Science, University of Massachusetts Amherst, September.
174. Shen, W., Hao, Q., Yoon, H. J. y Norrie, D. H. (2006). Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review. *Advanced Engineering Informatics*, 20, 415-431.
175. Schneeweiss, C. y Zimmer, K. (2004), Hierarchical coordination mechanisms within the supply chain, *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, No. 3, pp. 687-703.
176. Sen, S. y Durfee, E. H. (1994). The Role of Commitment in Cooperative Negotiation. *International Journal of Intelligent & Cooperative Information Systems* 3, 67-81.
177. Sierra, C., Sabater, J., Augustí, J. (2002). Evolutionary Programming in SADDE, conference AAMAS'02, Bologna, Italy.
178. Simatupang, T.M y Sridharan, R. (2002). The Collaborative Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 13 No. 1, pp.15 – 30.
179. Simatupang, T.M y Sridharan, R. (2005). The collaboration index: a measure for supply chain collaboration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 35 No. 1, pp.44 – 62.
180. Simon, H. A. 1952, On the Application of Servomechanism Theory in the Study of Production Control. *Econometrica*, 20:247-268, 1952.
181. Shen W., Q. Hao, H.J. Yoon y D. (2006). Norrie, Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review, *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 20, 2006, p 415–431.
182. Shoham, Y. (1993). Agent-oriented programming. *Artificial Intelligence*, Vol. 60, No. 1, pp. 51–92.

183. Smith, R. G. (1980). The contract net protocol: high-level communication and control in a distributed problem solver. *IEEE Trans. Computers*, 1980, Vol. 29, No. 12, pp. 1104-1113.
184. Smith, D. C., A. Cypher y Spohrer, J. (1994). KidSim: Programming Agents Without a Programming Language, *Communications of the ACM*, 37, 7, 55-67.
185. Spitter, J.M., Hurkens, C.A.J., de Kok, A.G., Lenstra, J.K. y Negenman, E.G. (2005). Linear programming models with planned lead times for supply chain operations planning, *European Journal of Operational Research*, Vol 163, pp. 706–720.
186. Song, M., Fu, R. X., Zhu, C. y Xin, Z. H. (2007). Study on the agile supply chain management based on agent. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, 14, 115-118.
187. Stevens, Graham C. (1989). Integrating the Supply Chains, *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*. Vol. 8, No. 8, pp. 3-8.
188. Sycara, K., Decker K., Pannu, A., Williamson, M. y Dajun Zeng (1996). *Distributed Intelligent Agents*. IIEE Expert.
189. Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management, *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, No. 2, pp. 451-488.
190. Terwiesch, C., Ren, Z. J., Ho, T. H., y Cohen, M. A. (2005). An empirical analysis of forecast sharing in the semiconductor equipment supply chain", *Management Science*, Vol. 51, No. 2, pp. 208-220.
191. Thomas, J. y Riley, D.W. (1985). Using Inventory for Competitive Advantage through Supply Chain Management, *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, Vol. 15, No. 5, pp. 16-26.
192. Trappey, A. J. C. y Hsiao, D. W. (2008). Applying collaborative design and modularized assembly for automotive ODM supply chain integration. *Computers in Industry*, 59, 277-287.
193. Ulieru M., D. Norrie, R. Kremer y W. Shen (2000). A multi-resolution collaborative architecture for web-centric global manufacturing, *Information Sciences*, Vol. 127, 2000, p. 3-21.
194. Vernadat, F. (1996). *Enterprise integration: Architectures, Methodologies and Languajes*. Documento interno del Laboratorie de Genie Industriel et Production Mécanique. Metz. Francia.
195. Vidal, C. J. y Goetschalckx, M. (1997). Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models, *European Journal of Operational Research*, Vol. 98, No. 1, pp. 1-18.

196. Vonderembse, M. A., Uppal, M., Huang, S. H., y Dismukes, J. P. (2006). Designing supply chains: Towards theory development, *International Journal of Production Economics*, Vol. 100, No. 2, pp. 223-238.
197. Voß, S. y Woodruff, D.L. (2003). *Introduction to Computational Optimization Models for Production Planning in a Supply Chain*. Springer, Berlin.
198. Whipple, J.M. y Russell, D. (2007). Building supply chain collaboration: a typology of collaborative approaches. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 18 No. 2, pp.174 – 196.
199. Wong, T. N., Leung, C. W., Mak, K. L. y Fung, R. Y. K. (2006). Dynamic shopfloor scheduling in multi-agent manufacturing systems. *Expert Systems with Applications*, 31, 486-494.
200. Wooldridge, M., Jennings, N.R. (1995). Intelligent agents: theory and practice. *Knowledge Engineering Review*, Vol. 10, 115–152.
201. Wooldridge, M., Jennings N. R. y Kinny, D. (2000). The gaia methodology for agent-oriented analysis and design. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3(3):285–312, 2000.
202. Wood M. F. y DeLoach, S. A. (2000). An overview of the multiagent systems engineering methodology,” in *Proc. First Int. Workshop on Agent-Oriented Software Eng.*, 2000, pp. 207–221.
203. Xiong, M. H., Tor, S. B., Khoo, L. P., y Chen, C. H. (2003). A web-enhanced dynamic BOM-based available-to-promise system, *International Journal of Production Economics*, Vol. 84, No. 2, pp. 133-147.
204. Xiong, M. H., Tor, S. B., Bhatnagar, R., Khoo, L. P., y Venkat, S. (2006). A DSS approach to managing customer enquiries for SMEs at the customer enquiry stage, *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, No. 1, pp. 332-346.
205. Yan, Y. H., Kuphal, T., y Bode, J. (2000). Application of multiagent systems in project management, *International Journal of Production Economics*, Vol. 68, No. 2, pp. 185-197.
206. Zhang, D. Z., Anosike, A. I., Lim, M. K. y Akanle, O. M. (2006). An agent-based approach for e-manufacturing and supply chain integration. *Computers & Industrial Engineering*, 51, 343-360.
207. Zice, S., Zhengping, L., Runtao, Q. y Mansoor, S. (2001). Agent-based logistics coordination and collaboration. Technical Report SIMTech Technical Report (AT/01/011/LCI), Singapore Insitute of Manufacturing Technology.

PROPUESTA DE UNA
ARQUITECTURA PARA EL
SOPORTE DE LA
PLANIFICACIÓN DE LA
PRODUCCIÓN COLABORATIVA
EN CADENAS DE SUMINISTRO

CAPÍTULO

5

ÍNDICE – CAPÍTULO 5

5. Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro	375
5.1 Introducción	375
5.2 Modelado conceptual de los procesos colaborativos en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada.....	381
5.2.1 Perspectiva Zachman para apoyar el modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro.....	381
5.2.2 Bloques constructivos y sus relaciones	396
5.3 Arquitectura de referencia para el soporte del modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro.....	400
5.3.1 Objetivos y alcance (contextual).....	400
5.3.1.1 Metodología de modelado para los procesos colaborativos en cadenas de suministro	403
5.3.2 Modelado Empresarial (conceptual)	414
5.3.2.1 Metodología de modelado	415
5.3.2.1.1 FASE 1 Visualizar	416
5.3.2.1.2 FASE 2 Analizar.....	418
5.3.2.1.3 FASE 3 Conceptualizar	427
5.3.2.1.4 FASE 4 Modelar	430
5.3.2.1.5 FASE 5 Validar	432
5.3.2.1.6 FASE 6 Proponer.....	433
5.3.2.1.7 FASE C Corregir	434
5.3.2.2 Modelo conceptual de referencia para los procesos colaborativos en cadenas de suministro.....	436
5.3.3 Modelo sistema de información (Lógico).....	442

5.3.3.1	Motivaciones del sistema de información.	445
5.3.3.2	Flujo de datos en la cadena de suministro que soportan la perspectiva colaborativa (Datos – Qué)	445
5.3.3.3	Cómo la información se conecta para soportar la colaboración en la cadena de suministro (Funciones - Cómo).....	449
5.3.3.4	Representación lógica del sistema para soportar los procesos colaborativos (Red – Dónde).....	461
5.3.3.5	Mecanismos de medición de las entidades (Personas – Quiénes)...	466
5.3.3.6	Cómo los procesos del sistema comienzan y terminan (Tiempo – Cuándo)	473
5.3.4	Modelo tecnológico (Físico).....	481
5.3.4.1	Motivaciones del modelo tecnológico.	483
5.3.4.2	Modelo de datos para la colaboración en la cadena de suministro (Datos – Qué)	485
5.3.4.3	Requerimientos para soportar la colaboración en la cadena de suministro (Funciones – Cómo)	488
5.3.4.4	Modelo estático de la configuración de los procesos, nodos y elementos de la cadena de suministro para ejecutar los modelos (Red – Dónde).	500
5.3.4.5	Modelo del comportamiento de los nodos según la perspectiva colaborativa en la cadena de suministro (Personas – Quién).....	504
5.3.4.6	Modelo de estados de las entidades para entornos colaborativos en cadenas de suministro (Tiempo – Cuándo)	505
5.4	Arquitectura para el soporte del proceso de planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada	507
5.4.1	Bloques Constructivos.....	511
5.4.2	Arquitectura para el proceso de planificación colaborativa descentralizada en Cadenas de suministro	512

5.4.2.1	Modelo conceptual para la arquitectura	513
5.4.2.1.1	Metodología de modelado para el proceso de planificación colaborativa	514
5.4.2.1.2	Modelo conceptual para la planificación colaborativa	517
5.4.2.2	Modelo tecnológico para la arquitectura empresarial	518
5.4.3	Arquitectura de referencia para el proceso de planificación colaborativa descentralizada en cadenas de suministro.....	521
5.5	Conclusiones	523
	Referencias.....	526

ÍNDICE – FIGURAS

Figura 1. Matriz original <i>Framework</i> Zachman. (Fuente: Zachman (1997))	383
Figura 2. Framework Zachman para apoyar el modelado de los procesos colaborativos. (Fuente: Adaptación de Zachman (1997)).	388
Figura 3. Vista relacional de las tres perspectivas a tener en cuenta.....	389
Figura 4. Marco conceptual basado en el Framework Zachman para soportar el proceso de construcción del modelado conceptual y la arquitectura.....	390
Figura 5. Bloques principales para el modelado conceptual de referencia soportado por el <i>Framework</i> Zachman.....	391
Figura 6. Bloques principales para el modelado y la definición de la arquitectura de referencia soportados por el Framework Zachman.	391
Figura 7. Aplicación de los lenguajes de modelado a las celdas del Framework Zachman.	394
Figura 8. Bloques constructivos basados en el Framework Zachman para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada.....	397
Figura 9. Leyenda del mapa de relaciones Framework Zachman.....	398
Figura 10. Metodología de de referencia para el modelado conceptual (Fuente: Hernández et al. (2008)).....	403
Figura 11. Identificación de las entidades para el proceso de desarrollo del modelado conceptual. (Fuente: Adaptación de Hernández et al. (2008))	405
Figura 12. Desarrollo de la metodología para el modelado conceptual de referencia. (Fuente: Adaptación de Hernández et al. (2008))	413
Figura 13. Modelo conceptual basado en el Framework Zachman para el apoyo del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro	415
Figura 14. Actividades principales para la visualización del dominio.....	416
Figura 15. Actividades para la recolección de la información.....	418

Figura 16. Actividades para la definición y conceptualización del dominio.	427
Figura 17. Definición del dominio de modelado.	428
Figura 18. Actividades para el modelado conceptual.....	431
Figura 19. Correcciones debidas a la documentación solicitada.....	434
Figura 20. Correcciones en función del modelo generado.....	435
Figura 21. Modelo de referencia conceptual para el modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro en un contexto descentralizado desde la perspectiva del <i>Framework Zachman</i> . (Fuente: Adaptación Hernández et al. (2008)).	439
Figura 22. Perspectiva descentralizada del modelo conceptual de referencia.....	441
Figura 23. Modelo del sistema de información basado en el modelo UML de bloques.	444
Figura 24. Modelo entidad relación para los procesos colaborativos en cadenas de suministro.	448
Figura 25. Diagrama de flujos BPMN para las funciones asociadas a los flujos de información de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	450
Figura 26. Modelo UML de casos de uso para los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	453
Figura 27. Arquitectura del sistema según el modelo de clases UML para soportar los objetos del dominio de modelado.....	463
Figura 28. Diagrama de rol para las entidades circunscritas a los procesos colaborativos en la cadena de suministro.....	468
Figura 29. Diagrama de estados de las entidades en los procesos colaborativos descentralizados en la cadena de suministro.	475
Figura 30. Red Petri para los procesos colaborativos descentralizados en cadenas de suministro.	480
Figura 31. Modelo tecnológico del sistema basado en el modelo UML de bloques...	483
Figura 32. Arquitectura del modelo de datos bajo una perspectiva colaborativa descentralizada en la cadena de suministro.	485
Figura 33. Diagrama UML de actividades para el flujo de información y mensajes FIPA-ACL entre los nodos de la cadena de suministro bajo una perspectiva colaborativa y descentralizada.....	491
Figura 34. Arquitectura de los requerimientos para soportar la colaboración en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada.	492
Figura 35. Pseudo-código de los procesos colaborativos en cadenas de suministro basado en el protocolo estándar <i>FIPA-ACL</i> de comunicación.	498
Figura 36. Modelo UML de despliegue de elementos para soportar la distribución de la arquitectura de los procesos colaborativos descentralizados en la cadena de suministro.	501
Figura 37. Modelo UML de comportamiento para el entorno colaborativo de cadena de suministro.	504
Figura 38. Diagrama UML de comunicación para el soporte de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	506
Figura 39. Lenguajes de modelado asociados a la arquitectura de referencia para apoyar los procesos colaborativos en la cadena de suministro.....	508
Figura 40. Perspectiva conceptual de la arquitectura de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	510
Figura 41. Bloques constructivos de la arquitectura para el proceso colaborativo de planificación en cadenas de suministro.	512

Figura 42. Flujos de productos en procesos los colaborativos en cadenas de suministro.	513
Figura 43. Flujo de información del proceso de planificación colaborativa en la cadena de suministro.	515
Figura 44. Modelo de interacción de actividades bajo la perspectiva del proceso de planificación colaborativa (IDEF0).	516
Figura 45. Flujo de información del proceso de planificación colaborativa en la cadena de suministro.	517
Figura 46. Flujo de información del proceso de planificación colaborativa en la cadena de suministro.	518
Figura 47. Comportamientos relacionados a la planificación colaborativa en cadenas de suministro.	519
Figura 48. Arquitectura del proceso de planificación colaborativa en cadenas de suministro.	520
Figura 49. Visión integrada de la arquitectura de referencia para soportar el modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada.....	522

ÍNDICE – TABLAS

Tabla 1. Aplicabilidad de los lenguajes de modelado en las celdas del Framework Zachman.	393
Tabla 2. Mapa de relaciones Framework Zachman de apoyo al modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	399
Tabla 3. Resumen estudio de herramientas de apoyo al modelado (herramientas, y páginas web, disponibles al 01/11/2010).	421
Tabla 4. Relación bloques conceptuales y Framework Zachman.....	437
Tabla 5. Componentes y sus relaciones para el modelo lógico del sistema de información.	442
Tabla 6. Nomenclatura modelo entidad relación.....	446
Tabla 7. Características de los nodos y sus flujos de datos en la configuración colaborativa descentralizada de cadena de suministro.	447
Tabla 8. Característica de los nodos y flujos de datos en la configuración colaborativa descentralizada de cadena de suministro.	452
Tabla 9. Especificaciones Casos de Usos para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	456
Tabla 10. Especificaciones estándar FIPA-ACL para soporte de mensajes (adaptado de FIPA (2010)).	462
Tabla 11. Flujos de información asociados a los objetos de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.....	464
Tabla 12. Mecanismos de medición de las entidades en los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	469
Tabla 13. Estados de los nodos vinculados a la red Petri en relación con los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	476
Tabla 14. Transiciones de la red Petri para soportar el flujo de información de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	477
Tabla 15. Especificación de las relaciones multi-nivel para los procesos colaborativos descentralizados entre los nodos de la cadena de suministro.	479

Tabla 16. Componentes y sus elaciones para el modelo tecnológico.	481
Tabla 17. Herencia de datos y atributos para los procesos colaborativos en cadenas de suministro.....	488
Tabla 18. Relación formal de los mensajes y el formato FIPA-ACL para la colaboración en cadenas de suministro.	493
Tabla 19. Relación de los tipos de mensajes versus el contenido de los mensajes para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	499
Tabla 20. Componentes y sus relaciones para la representación detallada de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	509

5. PROPUESTA DE UNA ARQUITECTURA PARA EL SOPORTE DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN CADENAS DE SUMINISTRO

5.1 INTRODUCCIÓN

En el contexto de la colaboración en cadenas de suministro, el proceso de planificación de la producción determina de forma general, lo que se va a producir para un periodo determinado en función de las necesidades de los clientes. Estos procesos implican, usualmente, la minimización de los costes asociados con los planes de producción generados. Desde el punto de vista de la gestión de la cadena de suministro, lo que interesa es recopilar la información de las entradas que requieren este tipo procesos, las salidas que se generan, los procesos y los sub-procesos que se consideran, y las entidades internas que participan. En relación con los modelos conceptuales dentro del área tecnológica de la planificación de la producción, es posible decir que éstos pueden considerarse modelos formales según la definición de los mismos proporcionada por **Zimmermann (1987)** y descrita en el apartado anterior.

Las arquitecturas apoyan la descripción de la empresa desde varias perspectivas que abarcan los diversos aspectos que intervienen en los procesos de negocio de las mismas. Por tanto, es posible decir que la arquitectura proporciona una descripción coherente de la empresa desde puntos de vista como la lógica, los conceptos, los roles, las tecnologías, las relaciones, etc. En este sentido, la arquitectura apoyará la documentación del estado actual de la organización, el estado deseado y la posible diferencia entre éstos. Por lo tanto, estas descripciones, en vez de presentarse como una visión de un sistema en particular, se deben ver como un elemento integrador de tecnologías de la información que abarcan los diferentes niveles de abstracción y decisión de las diferentes empresas. Estos niveles integradores se han de obtener del análisis de los procesos de negocio con el objetivo de identificar e incorporar las estrategias de la empresa en los elementos correspondientes de la arquitectura. Estas estrategias se centrarán en gestionar la empresa a nivel de negocio, información, aplicaciones y tecnologías. Por lo cual, cada unos de estos niveles se puede considerar como una perspectiva a considerar en el modelado ya sea de manera conjunta o de manera independiente, que luego se integrará al sistema completo. Así, el objetivo de estas perspectivas será describir el estado actual y futuro del dominio estudiado con la idea de favorecer un proceso efectivo de toma de decisión. Así, esto será posible según las mediciones y controles que se realicen.

Muchas de las soluciones que se plantean, para la implementación de módulos de arquitecturas, no consideran la personalización de los procesos en base a tecnologías abiertas de tipo *Open Source* (**OSI, 2010**) sino que tienden a utilizar soluciones registradas o adquirir soluciones de empresas

importantes siguiendo el camino que éstas establecen. La consecuencia de estas prácticas se traduce en la adquisición de soluciones a un elevado coste con una flexibilidad baja y a veces no del todo útiles según las necesidades de la empresa. En este contexto es posible decir que en la actualidad el panorama está experimentando cambios bruscos en cuanto a la utilización o adquisición de tecnologías. Así existe un gran número de productos como servidores de aplicaciones, soluciones de mensajería, sistemas de servicios web, etc., que están surgiendo y, por tanto, resulta muy complicado ignorar la existencia de estas soluciones tipo *Open Source* como una solución válida para la gestión de las decisiones en la empresa. En función de esto, y de acuerdo con el estudio realizado por **Chen et al. (2008)**, las arquitecturas se pueden clasificar en dos tipos (tipo 1 y tipo 2). Éstos tienen que ver con la integración de la empresa. El tipo 1 se refiere a las arquitecturas del sistema, que abarcan aspectos como el diseño del sistema, por ejemplo, el de apoyo a la integración. Mientras que el tipo 2 se refiere a las arquitecturas de referencia de proyectos, que estudian como la organización los desarrolla y ejecuta. De esta manera, las arquitecturas de tipo 1 representan la arquitectura del sistema o subsistema en términos de su estructura y el comportamiento, y las arquitecturas de tipo 2 resultan marcos (o *Frameworks*) destinados a estructurar los conceptos y las actividades o tareas necesarias para diseñar y construir un sistema (**IFAC-IFIP, 1999 e ISO 15704, 2000**).

Es por esto que el concepto de arquitectura se orienta por un lado, hacia la consideración de tecnologías que permitan traducir los flujos de información y conocimientos de la empresa en componentes utilizables y extensibles bajo la existencia de nuevas características o requerimientos y, por otro lado, hacia la definición de componentes desde el punto de vista de la estructura del sistema desde el punto de vista empresarial. Dichos componentes pueden ser servidores de aplicaciones, contenedores web, servidores de mensajería, soporte a los protocolos de comunicación, etc. En este sentido, tanto la definición de la arquitectura así como la elección de la plataforma sobre la que se apoyará ésta resultan ser fases críticas en el modelado. Respecto a la plataforma, ésta deberá ofrecer una serie de servicios para facilitar el desarrollo de aplicaciones empresariales y ofrecer la mayor cantidad posible de funcionalidades. De forma general, una arquitectura tiene en cuenta los siguientes elementos (**Pérez y Molpeceres, 2002**).

- **Seguridad.** La arquitectura ha de considerar sistemas de seguridad tanto a nivel de autenticación, como de autorización y transporte.
- **Manejabilidad.** El sistema soportado por la arquitectura ha de ser fácilmente manejable y configurable.
- **Disponibilidad.** La arquitectura debe contemplar fallos de cualquier índole y, por tanto, establecer los planes de contingencia al respecto.
- **Rendimiento.** Principalmente orientado a aspectos técnicos como son dar soporte y desarrollar los módulos para que sean escalables a nuevos requerimientos

- **Escalabilidad.** La escalabilidad, tanto horizontal como vertical, se orienta a soportar la carga del sistema para que sea posible añadir servidores o ampliar los existentes sin que sea necesario realizar modificaciones.
- **Mantenibilidad.** Teniendo en cuenta los componentes del sistema y, por tanto, de cada nodo, el sistema debe ser fácilmente manejable y configurable.
- **Fiabilidad.** El sistema ha de ser tolerante a nuevos cambios que puedan ocurrir y, por otra parte, debe considerar las actualizaciones del sistema.
- **Extensibilidad.** Ha de ser posible añadir nuevos componentes y capacidades al sistema sin que se vean afectados el resto de componentes.

Por lo que, dados estos continuos cambios en el entorno económico y empresarial, donde las empresas están involucradas, resulta primordial establecer mecanismos de acción para apoyar las decisiones en todos los niveles de decisión de las empresas, es decir en el nivel estratégico, táctico y operativo. Así, para apoyar estas decisiones es importante visualizar de manera global y específica todos los elementos que, de manera directa o indirecta, influyen en las actividades y comportamientos de las empresas o entidades que pertenecen al entorno. En este caso particular, el entorno se entenderá como la composición de los nodos que intercambian productos, materiales e información con la finalidad de satisfacer la demanda de los clientes finales, es decir una cadena de suministro. Por lo tanto, serán los modelos empresariales y/o conceptuales los que apoyarán esta labor de identificación de elementos y sus relaciones. Por lo que se entenderá un modelo como una representación computacional de la estructura, las actividades, los procesos, la información, los recursos, las personas, los comportamientos, los objetivos y las limitaciones de una empresa o entidad, en este caso, que pertenece a la cadena de suministro. El modelo podrá ser al mismo tiempo tanto descriptivo como visual/gráfico. De esta manera, la función de un modelo empresarial será la de lograr la representación y diseño de la empresa basándose en diferentes vistas, análisis e identificación de las operaciones. Seguidamente, con el fin de apoyar la integración de las entidades de la cadena de suministro, es necesario que las diferentes representaciones compartan hilos de conocimiento, o hilos de ejecución (**Tannenbaum, 1998**), con el fin de minimizar la ambigüedad de la información y, por tanto, maximizar la comprensión y la precisión en la comunicación.

Así mismo, desde un punto de vista de cadena de suministro, es posible decir que los entornos a los que se suscriben resultan ser muy competitivos. Esta competitividad se presenta, principalmente, a través de la velocidad del diseño de productos, la fabricación y la distribución de los mismos, la mayor eficiencia en los procesos y, por consiguiente, la consecución de

menores costes (por ejemplo, de tipo operativo). Debido a esto, las cadenas de suministro tienden a buscar alternativas que les permitan conseguir la eficiencia buscada. Una orientación que apoya la consecución de estrategias eficientes es la de tipo centralizada. Este tipo de enfoque establece que será una sola entidad la que se encargará de recibir la información y transmitir al resto los planes correspondientes para el cumplimiento efectivo de las partes. En este contexto, **Sarmiento y Nagi (1999)** consideran que una optimización centralizada se sustenta en el hecho de que la información es compartida abiertamente, lo cual se ve favorecido con los avances tecnológicos como los sistemas EDI (*electronic data interchange*) y los dispositivos satélites. De esta manera, bajo una perspectiva de los centros de fabricación circunscritos a una cadena de suministro, **Kouvelis y Gutierrez (1997)** afirman que los centros de fabricación individuales pueden conservar la integridad de sus decisiones de fabricación así como conservar a su vez el precio al cual es posible vender su producción a otros centros de fabricación. Así, dichos centros se enmarcan dentro del nivel corporativo. Por otra parte, **Ertogral y Wu (2000)** hacen mención a la cantidad elevada de tiempo y recursos que se requiere para poder implementar un sistema de tipo centralizado, lo cual es necesario tener en cuenta en el momento de considerar la implementación del mismo. En contraste, y considerando a **Choi y Hong (2002)**, esta situación resulta equiparable en el sentido de que una orientación centralizada de cadena de suministro considera una lista de proveedores clave y, por consiguiente, el diseño de las actividades es controlado por el cliente final (por ejemplo el montador final), con la salvedad de que cada componente de la cadena tendrá un control parcial respecto a una función particular. De esta forma, la perspectiva centralizada se presentará como un escenario óptimo en el que los flujos de información se dirigirán hacia un único centro el cual se encargará de entregar las respuestas a los demás nodos de la cadena según un tipo de recolección completa y a tiempo de la información requerida.

No obstante esta perspectiva se presenta en muchas ocasiones poco realista dado que para conseguir las condiciones necesarias en la que todos los nodos de la cadena, de cualquier topología, compartan toda su información resulta, a veces, poco conveniente para todos los nodos, así una perspectiva descentralizada podrá apoyar mejor este último hecho. Así, **Uçkun et al. (2008)** establecen que bajo una perspectiva descentralizada de cadena de suministro cada nodo tomará sus propias decisiones independientemente de lo que otros nodos decidan dado que, por ejemplo, aspectos como los costes no se comparten entre ellos. Por lo tanto, aspectos como la competitividad y selectividad entre los nodos se podrá tener en cuenta en los modelos que consideren una perspectiva descentralizada (**Meng et al., 2009**). Adicionalmente, se puede decir que, tal como lo plantean **Selim et al. (2008)**, bajo un contexto descentralizado de cadena de suministro las decisiones serán diferentes en cada nivel y nodo de la cadena cuando se trata de optimizar y conseguir sus propios objetivos, por lo que esto soportaría las ventajas competitivas de cada nodo. Aun así, también se ha de considerar el hecho de que los nodos de la cadena, en la mayoría de los casos tenderán a formar alianzas para competir mejor, por ejemplo, en los

mercados mundiales (**Erengüç et al., 1999**). En base a esto, resultará claro que la competitividad se logrará bajo la formación de núcleos centralizados donde se intersecarán aquellos nodos según características, objetivos, restricciones, etc., que estarán bajo una perspectiva descentralizada con respecto a otros núcleos.

El objetivo de este Capítulo es definir los requerimientos para el planteamiento de una arquitectura de tipo 1 (Chen et al. 2008), que sea de referencia para el modelado de los procesos colaborativos de la cadena de suministro. Para cubrir los requerimientos empresariales se tendrán en cuenta perspectivas tanto conceptuales como tecnológicas. De igual modo, se abordan los diferentes niveles de la cadena, la identificación de las entradas y salidas, los requerimientos y las restricciones vinculadas a estos procesos. La arquitectura de referencia facilitará la representación de perspectivas genéricas y específicas, concretamente, para el proceso colaborativo y descentralizado de la planificación de la producción. A partir de ahora se usará indistintamente planificación de la producción o planificación.

De acuerdo con lo anterior, la estructura que se va a seguir en el presente Capítulo es la siguiente. En primer lugar, se introduce, resumidamente, el *Framework Zachman* (o rejilla Zachman) para establecer las líneas principales a tener en cuenta para la consecución de los modelos conceptuales de los procesos colaborativos en cadenas de suministro desde un punto de vista descentralizado. Este *Framework* considera 6 vistas principales: Objetivos/Alcance (contextual), Modelo Empresarial (conceptual), Modelo Sistema de información (Lógico), Modelo de Tecnología (Físico), Representación detallada (fuera de contexto), Sistema funcional. Para esto, se abordan distintas definiciones de modelo conceptual y sus aplicaciones al modelado de cadenas de suministro. Además, se tratan otros aspectos relacionados con los modelos conceptuales tales como los objetivos, la calidad de los mismos, la captura de requerimientos, el marco de trabajo, la documentación e información, la perspectiva dinámica, las ventajas del entendimiento inicial del dominio de modelado, la combinación de técnicas de modelado y la ventaja de partir de un modelo de referencia para desarrollar el modelado conceptual de los procesos involucrados en la cadena de suministro, en este caso, los vinculados con el de planificación colaborativa. Para esto, según el *Framework* de Zachman, se definen las diferentes vistas a tener en cuenta en la fase conceptual de modelado y se identifican las vistas necesarias para este propósito, específicamente para el modelado conceptual se tendrán en cuenta las vistas de: Objetivos/Alcance (contextual) y Modelo Empresarial (conceptual), dejando las vistas de: Modelo Sistema de información (Lógico), Modelo de Tecnología (Físico), Representación detallada (fuera de contexto), para la presentación de la arquitectura y el correspondiente diseño e implementación de la herramienta computacional para apoyar el proceso específico de la planificación de la producción colaborativa basada en sistemas multiagente que se presenta en el Capítulo 6 y, finalmente, la vista de Sistema funcional para el Capítulo de la aplicación práctica referida al Capítulo 7 donde,

utilizando los sistemas multiagente se demostrará la validez de la propuesta de colaboración descentralizada en cadena de suministro. En segundo lugar, y recogiendo aquellos aspectos claves de la revisión bibliográfica del Capítulo 2 y el Capítulo 3, se extiende la metodología propuesta por **Hernández *et al.* (2008)** para construir el modelo conceptual de referencia que apoyará al modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro y, por tanto, la consiguiente elaboración de la arquitectura de referencia para el soporte de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada. Como aspecto importante, se destaca que la metodología considera siete bloques o fases principales: visualizar, analizar, conceptualizar, modelar, validar, corregir y proponer. Por lo tanto, y a partir de las extensiones correspondientes realizadas a la metodología propuesta, se establece el modelo conceptual que, seguidamente, servirá como referencia al modelado conceptual y posterior planteamiento de la arquitectura que soporte el proceso planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro desde un punto de vista descentralizado, que apoyará la visión en conjunto de esta arquitectura para señalar los elementos, los flujos, las restricciones, los objetos, los mensajes y las relaciones entre los diferentes elementos tanto desde un punto de vista conceptual como lógico y físico que apoye su posterior implementación. Finalmente, se presentan las conclusiones del presente Capítulo.

5.2 MODELADO CONCEPTUAL DE LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN CADENAS DE SUMINISTRO BAJO UNA PERSPECTIVA DESCENTRALIZADA

El objetivo de este apartado es desarrollar y obtener un modelo conceptual de referencia para los procesos colaborativos en cadenas de suministro. La motivación principal es que este modelo sea extensible para soportar el posterior modelado de los procesos específicos que, en el caso particular de este Capítulo, se orientarán hacia la planificación colaborativa en cadenas de suministro. Para esto, la metodología considerará aspectos como la identificación de la entidad/dominio del modelo que se orienta hacia reflejar los aspectos que se deseen modelar (identificación y análisis de los *inputs*, *outputs*, procesos y sub-procesos); identificación de los límites de los procesos colaborativos de la cadena de suministro así como sus principales bloques constructivos, niveles e interrelaciones verticales y horizontales principales. También se identifican los elementos de información y, por tanto, posibles generadores de incertidumbres en el proceso de modelado conceptual.

5.2.1 PERSPECTIVA ZACHMAN PARA APOYAR EL MODELADO DE LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN CADENAS DE SUMINISTRO

El *Framework* empresarial Zachman (conocido con el nombre de Zachman) consiste en una matriz de seis filas y seis columnas, lo que genera un total de treinta y seis celdas (la versión original del *Framework* se puede ver en la Figura 1). Cada celda se asocia con un modelo del sistema que se quiere definir y/o modelar donde se cubren dimensiones como objetivos, modelo empresarial, sistemas de información, tecnologías de la información, modelos detallados y la propia funcionalidad del sistema. Adicionalmente, las columnas se asocian a conceptos como: datos, funciones, redes, personas, tiempo y motivación, las que a su vez se corresponden con el qué, cómo, dónde, quiénes, cuándo y por qué asociado a los componentes del sistema en todas sus dimensiones. Bajo esta perspectiva, se obtiene una especificación formal para todas las áreas y niveles de interés tanto de la cadena de suministro como de cada nodo. De esta forma, de acuerdo a los *Framework* estudiados en el Capítulo 3, se ha elegido el de Zachman dado que se orienta a ofrecer la información necesaria la cual, de manera uniforme, podrá ser entendida por los planificadores, propietarios, diseñadores, constructores, implementadores, trabajadores en los diferentes niveles y eslabones de la cadena de suministro mediante la utilización de representaciones gráficas o el lenguaje escrito. Además, tal como establecido por **Zachman (1997)**, no resulta necesario desarrollar todos los modelos o rellenar todas las celdas, esto dependerá de los objetivos perseguidos en cada caso. Por lo tanto, para obtener una visión más detallada del *Framework* Zachman, se presenta a continuación una descripción/interpretación breve de cada vista y columna (obtenida de **Zachman (1997)**) y, por tanto, de cada celda.

Vistas o renglones:

- ***Scope (o Objetivos/Alcance) (contextual)***. Describe la visión del sistema, la misión, las fronteras, la arquitectura y las limitaciones. Los estados y el ámbito de aplicación relacionados con lo que el sistema tiene que cubrir. Estos modelos pueden ser considerados como cajas negras, ya que no se requiere ver el funcionamiento completo de éstos, sino que solo las entradas y salidas de los mismos.
- ***Business model (o Modelo Empresarial (conceptual))***. Muestra los objetivos, las estrategias y los procesos que se utilizan para apoyar la misión de la organización.
- ***System model (o Modelo Sistema de información (Lógico))***. Contiene los requisitos del sistema, los objetos, las actividades y las funciones que implementan el modelo de negocio, así como también define los estados del modelo del sistema y cómo el sistema lleva a cabo sus funciones. En este caso, los modelos se pueden denotar como una caja blanca dado que es posible ver su funcionamiento interno.
- ***Technology model (o Modelo de Tecnología (Físico))***. Considera las limitaciones de los recursos humanos, las herramientas, las tecnologías y los materiales.
- ***Detailed representation (o Representación detallada (fuera de contexto))***. Presenta los componentes individuales e independientes que se pueden asignar a los implementadores para su ejecución.
- ***Real system (o Sistema funcional)***. Representa el sistema operativo en cuestión.

Columnas:

- ***What (data) o Datos (Qué)***. Describe las entidades involucradas en cada perspectiva de la empresa. Los ejemplos incluyen equipos, objetos de negocio y el sistema de datos.
- ***How (functions) o Funciones (Cómo)***. Muestra las funciones dentro de cada perspectiva.
- ***Where (networks) o Red (Dónde)***. Muestra las ubicaciones y las interconexiones dentro de la empresa. Esto incluye las ubicaciones geográficas de negocio principales, las redes y el campo de acción.
- ***Who (people) o Personas (Quiénes)***. Representa las entidades dentro de la empresa así como las métricas para evaluar su capacidad y actuación. El diseño de la organización empresarial tiene que ver con la asignación de trabajo y la estructura de autoridad y responsabilidad.
- ***When (time) o Tiempo (Cuándo)***. Representa los instantes de tiempo o la lista de eventos en relación a los procesos importantes de la cadena u organización. Esto es útil para el diseño de los horarios, la arquitectura de procesamiento, la arquitectura de control y los sistemas de cronología de eventos.

- **Why (motivation) o Motivación (Por qué).** Describe las motivaciones de la empresa. Esto revela los objetivos de la empresa, los objetivos, el plan de negocios, la arquitectura del conocimiento y las razones para pensar, hacer las cosas y tomar decisiones.





































	WHAT	HOW	WHERE	WHO	WHEN	WHY
SCOPE CONTEXTS	Inventory Identification e.g.  Inventory Types	Process Identification e.g.  Process Types	Network Identification e.g.  Network Types	Organization Identification e.g.  Organization Types	Timing Identification e.g.  Timing Types	Motivation Identification e.g.  Motivation Types
BUSINESS CONCEPTS	Inventory Definition e.g.  Business Entity Business Relationship	Process Definition e.g.  Business Transform Business Input	Network Definition e.g.  Business Location Business Connection	Organization Definition e.g.  Business Role Business Work	Timing Definition e.g.  Business Cycle Business Moment	Motivation Definition e.g.  Business End Business Means
SYSTEM LOGIC	Inventory Representation e.g.  System Entity System Relationship	Process Representation e.g.  System Transform System Input	Network Representation e.g.  System Location System Connection	Organization Representation e.g.  System Role System Work	Timing Representation e.g.  System Cycle System Moment	Motivation Representation e.g.  System End System Means
TECHNOLOGY PHYSICS	Inventory Specification e.g.  Technology Entity Technology Relationship	Process Specification e.g.  Technology Transform Technology Input	Network Specification e.g.  Technology Location Technology Connection	Organization Specification e.g.  Technology Role Technology Work	Timing Specification e.g.  Technology Cycle Technology Moment	Motivation Specification e.g.  Technology End Technology Means
COMPONENT ASSEMBLIES	Inventory Configuration e.g.  Component Entity Component Relationship	Process Configuration e.g.  Component Transform Component Input	Network Configuration e.g.  Component Location Component Connection	Organization Configuration e.g.  Component Role Component Work	Timing Configuration e.g.  Component Cycle Component Moment	Motivation Configuration e.g.  Component End Component Means
OPERATIONS CLASSES	Inventory Instantiation e.g.  Operations Entity Operations Relationship	Process Instantiation e.g.  Operations Transform Operations Input	Network Instantiation e.g.  Operations Location Operations Connection	Organization Instantiation e.g.  Operations Role Operations Work	Timing Instantiation e.g.  Operations Cycle Operations Moment	Motivation Instantiation e.g.  Operations End Operations Means

Figura 1. Matriz original *Framework* Zachman. (Fuente: Zachman (1997))

Por lo tanto, para la utilización del *Framework* de Zachman, es importante tener en cuenta que el *Framework* empresarial, para construir y desarrollar arquitecturas en contexto empresarial, no establece ni un orden, ni una jerarquía ni mucho menos una secuencia entre las diferentes vistas (renglones) y modelos (celdas). El concepto principal es establecer una serie de modelos que, en conjunto, conformen vistas, con diferentes niveles de detalle para que se plasmen requerimientos y funcionalidades de las componentes de la arquitectura a nivel conceptual, técnico y aplicado. De esta forma, la rejilla Zachman presenta su *Framework* como un conjunto de vistas integradas para dar la vista completa de la arquitectura para apoyar los diferentes niveles de decisión, en este caso los, niveles estratégicos, tácticos y operativos de los nodos de la cadena de suministro. Se presentan a continuación las interpretaciones específicas que se han establecido para apoyar el modelo de los procesos colaborativos en la cadena de suministro. A cada dimensión se le asocia una numeración para su mejor visualización en *Framework* Zachman, no obstante no se corresponde ni con un orden jerárquico ni de prioridad en las diferentes fases del modelado empresarial de la cadena de suministro. Esto por ejemplo se visualizará con claridad en la columna de motivación, donde las motivaciones de cada dimensión no están aisladas de las otras sino que se complementan.

- **Dimensión 1, Objetivos/Alcance (contextual)**: Esta primera vista se relaciona con la definición de las estrategias que la arquitectura ha de considerar. En este caso, en particular, aquellas estrategias que apoyen los entornos colaborativos descentralizados en cadenas de suministro. De esta forma, esta dimensión considerará, tal como establecido por el *Framework* de Zachman, seis aspectos que se describen a continuación:
 - **Datos (Qué)**: En este caso, se genera una descripción del entorno de cadena de suministro con el objetivo de obtener las restricciones principales detectadas para incluirlas en el modelo conceptual de los procesos colaborativos de la cadena de suministro.
 - **Funciones (Cómo)**: Principalmente, se establecen e identifican los aspectos críticos de la colaboración en la cadena de suministro y se definen las líneas de acción para promover la colaboración entre los diferentes miembros de la cadena de suministro.
 - **Red (Dónde)**: Se definen aspectos relacionado con cómo está definida la cadena, quiénes participan y qué capacidades de acción poseen.
 - **Personas (Quiénes)**: Se definen las restricciones principales en relación a las entidades de la cadena de suministro en los entornos colaborativos.
 - **Tiempo (Cuándo)**: Desde una perspectiva de flujos de productos, información y decisión, se establece la cronología de eventos para los procesos colaborativos en la cadena de suministro.
 - **Motivación (Por qué)**: Para mejorar el rendimiento de la cadena de suministro y de los nodos que la conforman, se definen las políticas de colaboración que regirán los diferentes niveles de decisión de los miembros de la cadena.
- **Dimensión 2, Modelo Empresarial (conceptual)**: Esta dimensión tiene que ver con la definición de los modelos conceptuales que integrarán cada aspecto del modelado empresarial en relación con la identificación de flujos de información, participantes y restricciones. Los seis aspectos que la conforman se comentan a continuación:
 - **Datos (Qué)**: Establece el modelo conceptual para la colaboración en cadenas de suministro.
 - **Funciones (Cómo)**: Identifica las reglas a seguir para soportar la colaboración en la cadena de suministro.
 - **Red (Dónde)**: Identifica, define y diseña el entorno donde existirá la colaboración.

- **Personas (Quiénes):** Establece cómo las entidades se organizan desde un punto de vista genérico.
- **Tiempo (Cuándo):** Define los niveles de decisión.
- **Motivación (Por qué):** El objetivo de esta dimensión es mejorar aspectos relevantes para los procesos colaborativos en la cadena de suministro en relación con su modelado, específicamente aspectos y/o elementos relacionado con los niveles de inventario, nivel de servicio al cliente y los costes de la cadena completa y de cada nodo.
- **Dimensión 3, Modelo Sistema de información (Lógico):** En relación con el nivel tecnológico del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, en esta dimensión se presentan aquellos modelos relacionados con los datos y los flujos de información que soportan. Los seis aspectos que la conforman se comentan a continuación:
 - **Datos (Qué):** Se define el flujo de datos en la cadena de suministro que soporta la perspectiva colaborativa.
 - **Funciones (Cómo):** Se establecen los mecanismos de conexión en relación con la información que fluye entre los nodos de la cadena de suministro bajo una perspectiva colaborativa.
 - **Red (Dónde):** Se obtiene la representación lógica del sistema para soportar los procesos colaborativos.
 - **Personas (Quiénes):** Se especifica bajo qué mecanismos se medirá el comportamiento y/o rendimiento de las diferentes entidades de la cadena de suministro.
 - **Tiempo (Cuándo):** En base a un flujo de acciones, se representa cómo el sistema comienza y termina, teniendo en cuenta las acciones intermedias que existen entre estos hitos.
 - **Motivación (Por qué):** En el sistema se espera la obtención de modelos que ayuden a, por ejemplo, maximizar los beneficios en la cadena de suministro así como de cada nodo.
- **Dimensión 4, Modelo de Tecnología (Físico):** Ya desde un punto de vista más técnico, esta dimensión se orienta hacia la definición de los modelos y lenguajes a ser considerados para la implementación de los modelos propuestos y, por tanto, la obtención de una arquitectura técnica del sistema que, en este caso particular, soportará la colaboración descentralizada en cadenas de suministro. Los seis aspectos que la conforman se comentan a continuación:
 - **Datos (Qué):** Modelo de referencia para la colaboración en cadenas de suministro.

- **Funciones (Cómo):** Qué, y de quién, se requiere para mejorar la colaboración en la cadena de suministro.
- **Red (Dónde):** Vista estática de la configuración de los procesos, nodos y elementos para ejecutar los modelos.
- **Personas (Quiénes):** Modelo para medir el comportamiento de los nodos según una perspectiva colaborativa en la cadena de suministro.
- **Tiempo (Cuándo):** Diagrama de estados de las entidades para un entorno colaborativo en cadenas de suministro.
- **Motivación (Por qué):** Transmitir la importancia de la colaboración en la cadena de suministro.
- **Dimensión 5, Representación detallada (fuera de contexto):** En este nivel se expresa de forma detallada cada elemento, dato y flujo existente en los procesos colaborativos de la cadena de suministro. Los seis aspectos que la conforman se comentan a continuación:
 - **Datos (Qué):** Descripción de los procesos colaborativos a tener en cuenta.
 - **Funciones (Cómo):** Qué mecanismos se relacionan con los procesos colaborativos en la cadena de suministro.
 - **Red (Dónde):** Establecimiento e incorporación de los parámetros y variables importantes a ser consideradas en la cadena de suministro.
 - **Personas (Quiénes):** Indicadores y características de las entidades en entornos colaborativos.
 - **Tiempo (Cuándo):** Se desarrolla un modelo respecto a cuándo los eventos ocurren.
 - **Motivación (Por qué):** La motivación persigue obtener buenos indicadores, parámetros y variables para mejorar el rendimiento del sistema en la aplicación.
- **Dimensión 6, Sistema funcional:** Para ver la aplicabilidad de los aspectos conceptuales y técnicas, en este nivel se desarrolla lo necesario para poner el sistema, y las teorías establecidas, en marcha. En este caso, ver el funcionamiento de la propuesta colaborativa para la cadena de suministro. Los seis aspectos que la conforman se comentan a continuación:
 - **Datos (Qué):** Generación del modelo de colaboración que se tiene en cuenta en la cadena de suministro dada.
 - **Funciones (Cómo):** Establecimiento de los procesos, entidades y flujos de decisión relacionados con los procesos colaborativos.
 - **Red (Dónde):** Descripción del entorno donde se ejecutarán los modelos.

- **Personas (Quiénes):** Qué entidades se tienen en cuenta para el modelado de los procesos colaborativos.
- **Tiempo (Cuándo):** En el caso de la colaboración en la cadena de suministro, se definen los periodos planificados.
- **Motivación (Por qué):** Mejorar las decisiones para fomentar, a su vez, la colaboración en la cadena de suministro.







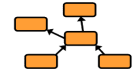
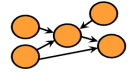

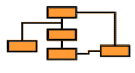


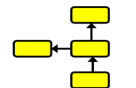
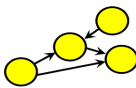
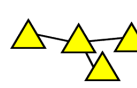
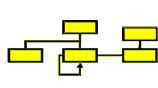

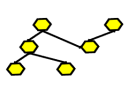
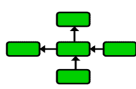
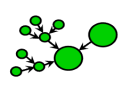

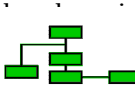
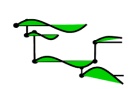
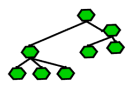









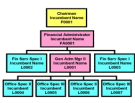
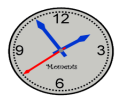

	Datos (Qué)	Funciones (Cómo)	Red (Dónde)	Personas (Quiénes)	Tiempo (Cuándo)	Motivación (Por qué)
Objetivos/ Alcance (contextual)	Descripción del entorno de cadena de suministro. Restricciones principales detectadas para incluir en el modelado 	Aspectos críticos e importantes respecto a la colaboración en la cadena de suministro. Definiciones respecto a cómo lograr la colaboración 	Cómo está definida la red, quiénes participan y qué capacidades de acción poseen 	Restricciones principales en relación a las entidades de la cadena de suministro en los entornos colaborativos 	Cronología de eventos para los procesos colaborativos 	Mejorar el rendimiento de la cadena de suministro y de los nodos que la conforman según políticas colaborativas 
Modelo Empresarial (conceptual)	Modelo conceptual para la colaboración en cadenas de suministro 	Reglas a seguir para soportar la colaboración en cadenas de suministro 	Diseño/definición del entorno donde existirá la colaboración 	Cómo las entidades se miden y se organizan desde un punto de vista genérico 	Identificación/definición de los niveles de decisión 	Optimizar los niveles de inventario, el nivel de servicio al cliente y los costos de la cadena 
Modelo Sistema de información (Lógico)	Flujo de datos en la cadena de suministro bajo una perspectiva colaborativa 	Cómo la información se conecta para soportar la colaboración en la cadena de suministro 	Representación lógica del sistema para soportar los procesos colaborativos 	Mecanismos de medición de las personas. 	Cómo el sistema comienza y termina 	Maximización de los beneficios en la cadena de suministro 
Modelo de Tecnología (Físico)	Modelo de referencia para la colaboración en cadenas de suministro 	Qué, y de quien, se requiere para mejorar la colaboración en la cadena de suministro 	Vista estática de la configuración de los procesos, nodos y elementos para ejecutar los modelos 	Modelo para medir el comportamiento de los nodos según una perspectiva colaborativa en la cadena de suministro 	Diagrama de estados de las entidades para un entorno colaborativo en cadenas de suministro 	Transmitir la importancia de la colaboración en la cadena de suministro 
Representación detallada (fuera de contexto)	Descripción de los procesos colaborativos 	Qué mecanismos se relacionan con los procesos colaborativos en la cadena de suministro 	Parámetros y variables importantes a ser consideradas 	Características de las entidades en entornos colaborativos 	Modelo respecto a cuando los eventos ocurren 	Motivación para la mejora de los indicadores, los parámetros y las variables 
Sistema funcional	Modelo de colaboración en cadenas de suministro 	Proceso, entidades y flujos de decisión relacionados con los procesos colaborativos 	Descripción del entorno 	Quién se modela 	Periodos planificados 	Mejorar las decisiones para fomentar la colaboración en la cadena de suministro 

Figura 2. Framework Zachman para apoyar el modelado de los procesos colaborativos. (Fuente: Adaptación de Zachman (1997)).

De esta forma, tal como se ha visto en la Figura 2, el *Framework* Zachman ayudará a identificar, definir y asignar los elementos de apoyo al modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro de una forma estructurada y ordenada. Esto mismo apoyará la posterior definición de los bloques constructivos que se presentan en la Figura 8. Así, tal como mencionado anteriormente, el modelado conceptual de los procesos colaborativos se basará en las dimensiones 1 y 2, la arquitectura en las dimensiones 3, 4, y 5. Seguidamente, como apoyo a la validación de la funcionalidad de la arquitectura propuesta, el diseño e implementación de la herramienta computacional será una particularización de la dimensión 5 para el proceso de la planificación de la producción colaborativa en cadena de suministro que se presenta en el Capítulo 6. Finalmente, la aplicación de la propuesta colaborativa descentralizada para cadenas de suministro del Capítulo 7 se apoyará en la dimensión 6. Una idea general, y conceptual, de esto se ve en la Figura 3.

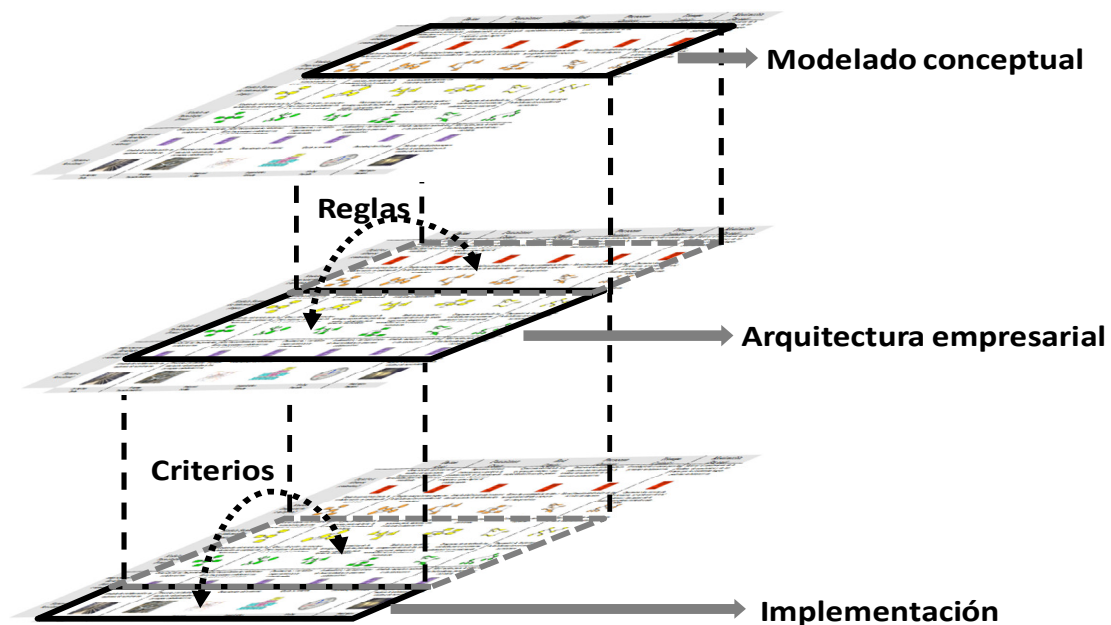


Figura 3. Vista relacional de las tres perspectivas a tener en cuenta.

Así, de la vista relacional que se presenta en la Figura 3, se puede ver que, si bien el *Framework* de Zachman no establece un orden dado para el establecimiento de los modelos que darán paso a los correspondientes modelos conceptuales y a la arquitectura, resulta necesario, según los objetivos, establecer un orden, o más bien una prioridad entre los elementos independientes para apoyar el método de construcción de los diferentes modelos genéricos o de referencia. En este caso, desde la perspectiva del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, se detectan tres elementos independientes: Modelado conceptual, arquitectura e implementación. Donde el primero define las reglas que debe tener en cuenta el segundo y el segundo proporciona los criterios que ha de tener en cuenta el tercero. Específicamente, por reglas se entenderán todas aquellas consideraciones a tener en cuenta en el modelado de los procesos

colaborativos como por ejemplo: definición del entorno, identificación de las entidades involucradas y sus relaciones. Seguidamente, respecto a los criterios se entenderá como la definición de las acciones a seguir cuando, frente a diferentes entornos colaborativos, se requiera tomar alguna decisión, por ejemplo en los casos de la planificación colaborativa. Por lo tanto, tras la visión genérica de modelado obtenida para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro, se obtendrán los diferentes modelos de los procesos de planificación colaborativa siguiendo la misma filosofía de modelado definida en el modelo conceptual de referencia soportada por el *Framework Zachman* (ver Figura 4). Estos modelos podrán ser soportados, además, por diferentes lenguajes de modelado. Éstos pueden ser de diversos tipos y, además, pueden ser más o menos aceptados tanto por la comunidad empresarial y científica. Es por esto que una ayuda importante para la selección de los lenguajes de modelado es la consideración de estándares de modelado por ser ampliamente aceptados por la comunidad científica y empresarial. Por lo tanto, y de acuerdo al estudio de los mismos que se realizó en el Capítulo 3, la Tabla 1 presenta una relación de equivalencia entre las celdas del *Framework Zachman* y los diferentes estándares de lenguajes de modelado empresarial.

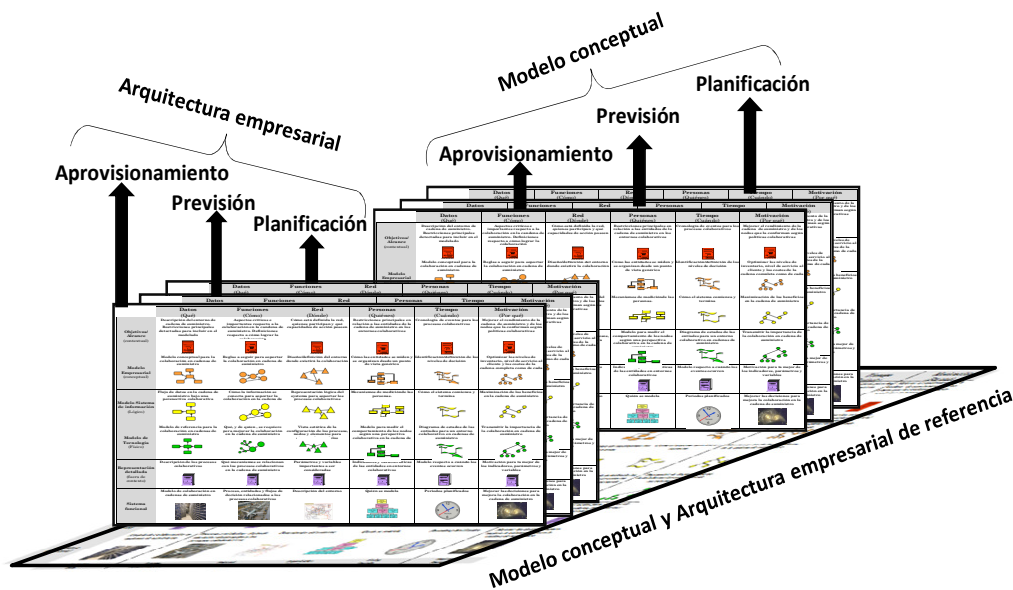


Figura 4. Marco conceptual basado en el *Framework Zachman* para soportar el proceso de construcción del modelado conceptual y la arquitectura.

Seguidamente, para el caso concreto del modelo conceptual de referencia así como de los modelos conceptuales del proceso colaborativo de planificación, el *Framework Zachman* (como ya mencionado anteriormente) se presenta idóneo para este propósito en la dimensión 1 y la dimensión 2 (ver Figura 5).

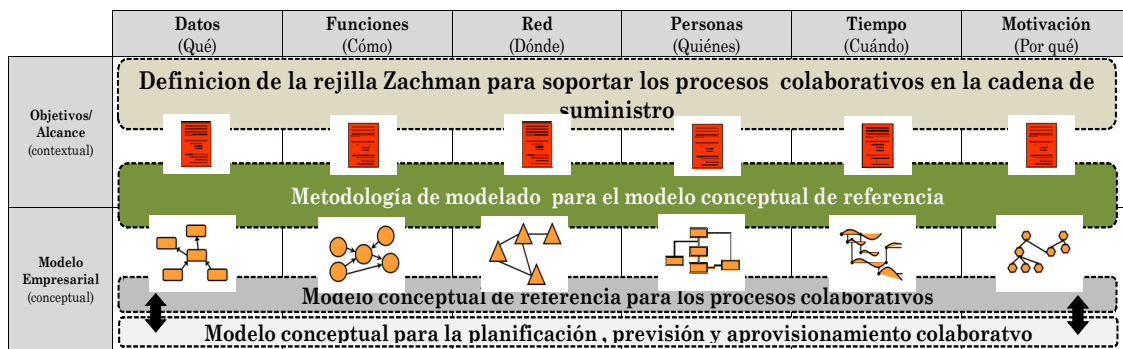


Figura 5. Bloques principales para el modelado conceptual de referencia soportado por el Framework Zachman.

Así, como segundo pilar para el soporte de la arquitectura orientada al modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada serán las vistas del modelo del sistema lógico, tecnológico y la vista detallada las que soportarán este hecho (ver Figura 6). En primer lugar, se consideran las diferentes perspectivas en relación con los datos, modelos y flujos vinculados a los procesos colaborativos en la cadena de suministro. Seguidamente, la segunda vista, apoya la visión tecnológica de los modelos y lenguajes orientados a soportar las diferentes perspectivas del modelado. Finalmente, el nivel detallado proporciona el vínculo directo la aplicabilidad de la teoría desarrollada y expresada en el Framework Zachman para el modelado de los procesos colaborativos en topologías dadas de cadena de suministro.

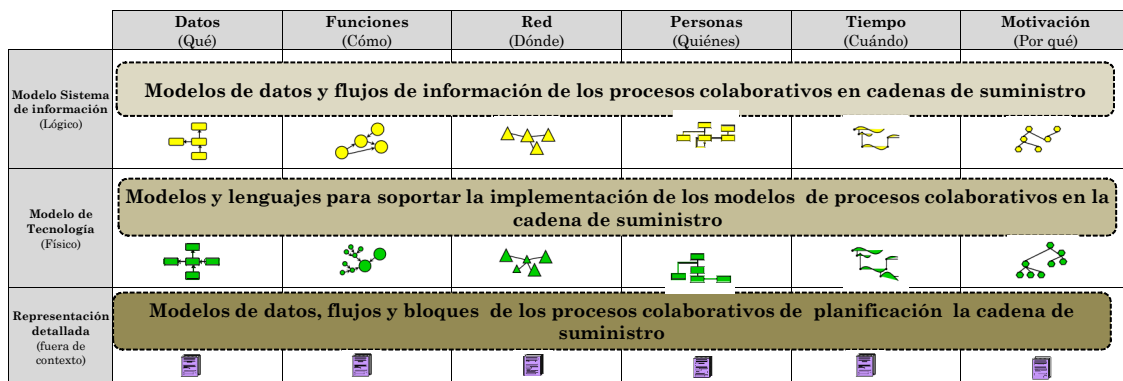


Figura 6. Bloques principales para el modelado y la definición de la arquitectura de referencia soportados por el Framework Zachman.

De acuerdo con lo anterior, la arquitectura considerará dos vistas fundamentales. La primera (ver Figura 5) donde se contemplan las definiciones y especificaciones de la visión conceptual, donde los requerimientos iniciales, las metodologías y los modelos conceptuales que darán cuenta de los elementos y sus relaciones se expresan para poder tener una visión más abstracta de cómo poder abordar el modelado de los procesos colaborativos bajo una perspectiva descentralizada. De esta manera, se presenta una visión generalizada y luego otra aplicada del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro. Seguidamente, la segunda vista (ver Figura 6) engloba las vistas del sistema lógico, tecnológico y representación detallada, donde lo conceptual es expresado en

términos de datos, modelos, flujos y lenguajes para así tener una visión más detallada de la arquitectura, facilitando así, su posterior implementación.

Seguidamente, cada vista y perspectiva debe considerar algún lenguaje de modelado para apoyar su representación y entendimiento por los diferentes niveles de decisión de la cadena. Respecto a los lenguajes estándar más relevantes (ya especificados en el Capítulo 3), la Tabla 1 presenta un resumen de éstos y su relación con las diferentes celdas que apoyan los modelos de la arquitectura circunscritos al *Framework Zachman*.

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Tabla 1. Aplicabilidad de los lenguajes de modelado en las celdas del *Framework Zachman*.

Lenguajes de modelado	C1						C2						C3						C4						C5						Niveles de decisión															
	Columnas Zachman						R1	R2	R3	R4	R5	R6	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R1	R2	R3	R4	R5	R6	E	T	O							
BPDM			X	X					X	X						X																											X		X	
BPEL		X	X	X						X					X	X					X							X											X				X			
BPML		X	X		X	X			X	X		X		X	X							X						X	X	X									X	X			X		X	
BPMN		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X					X	X						X		X									X				X		X	
ebXML									X					X	X		X	X																									X			
EPC		X	X	X		X			X							X		X			X		X					X	X										X				X			
FLOWCHART	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X					X		X									X							X
IDEF		X	X		X			X	X	X		X		X							X		X					X	X						X								X			
PETRI NET			X		X			X	X		X			X		X	X					X						X		X									X						X	
PIF			X		X				X					X							X	X						X											X				X			
RAD											X			X							X	X						X											X				X		X	
UEML			X	X	X				X	X				X	X	X					X	X						X	X										X				X		X	
UML																																														
Caso de uso			X						X												X	X					X																	X		
Clase			X													X						X																				X				
Actividad		X						X		X												X						X																X		
Estados										X																	X	X																	X	
Secuencia		X						X		X												X							X															X		
Componentes																X	X																									X				
Desarrollo									X												X						X															X				
Objetos			X					X		X							X					X					X	X			X							X				X				
Paquete									X					X																												X				
VSM	X				X	X		X	X	X	X				X	X													X		X														X	
XML							X						X	X		X	X																									X		X		
XPDL							X						X	X		X	X																									X		X		

De la Tabla 1 se observa que los renglones que consideran un mayor número de lenguajes de modelado son los relacionados con la dimensión 3 (modelo sistema de información), específicamente los lenguajes que se ajustan mejor a esta visión son BPML, BPMN, diagramas de flujos (o *flowchart*), PetriNets y UEML, cada uno con un total de 16% de apariciones para las seis columnas correspondientes. En segundo lugar, en la vista del sistema funcional, con un 12% de las consideraciones en las seis columnas, se presentan los lenguajes EPC, diagramas de flujos e IDEFx como los más idóneos para ser considerados en las representaciones correspondientes. Por otro lado, dadas sus características más descriptivas, la dimensión 1 (objetivos/alcance) es la que menos consideraciones de lenguajes de modelado presenta con un 8% para los diagramas de flujo.

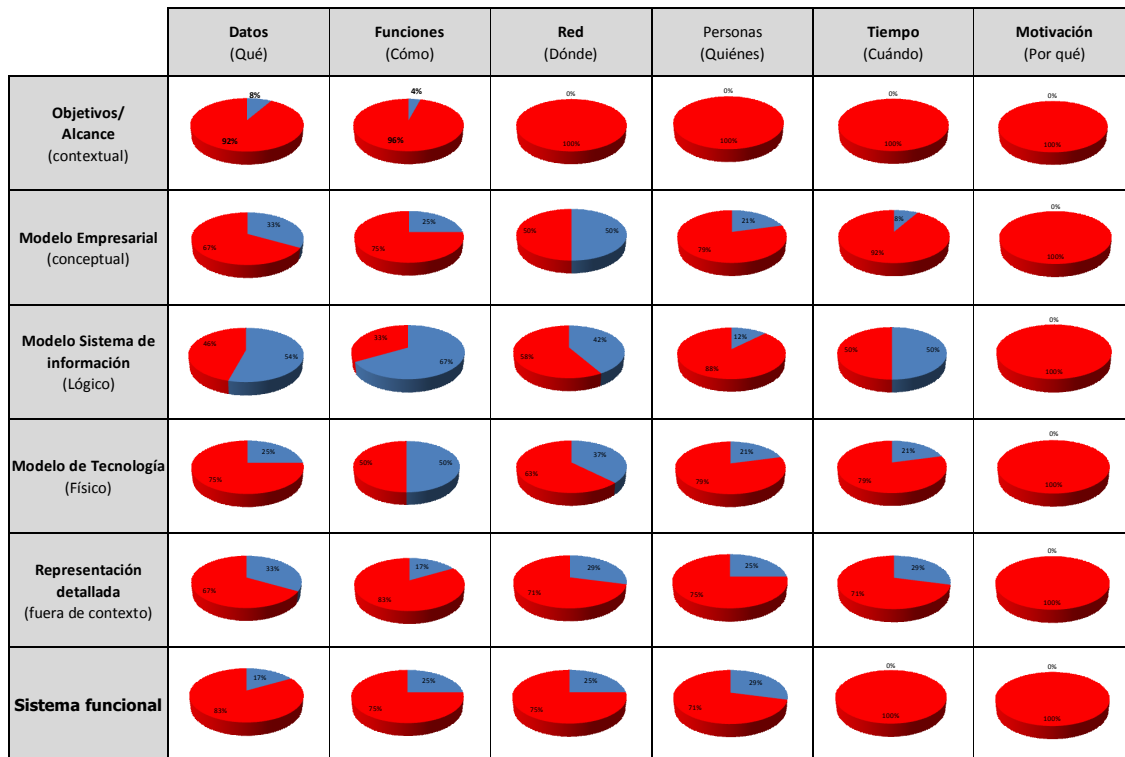


Figura 7. Aplicación de los lenguajes de modelado a las celdas del *Framework* Zachman.

Adicionalmente, desde una perspectiva de las columnas que conforman el *Framework* Zachman, los lenguajes BPEL, BPML, BPMN, EPC, diagramas de flujos, IDEFx, PetriNet, PIF, UEML y Objetos son los lenguajes que se consideran, en todas las columnas, con excepción de la columna 6 (motivación), en la que no se encontró un lenguaje idóneo para esta dimensión más que la descripción narrativa. Respecto a los lenguajes que resultan ser menos adaptables, se encuentran ebXML, estado, componente, paquete, XML y XPDL, que solo ayudan a cubrir las columnas de funciones y red. Esto se debe a que dado lo específico de estas formas de lenguajes, serán menos intercambiables entre las diferentes columnas. Finalmente, la Figura 7 presenta de forma gráfica las celdas que porcentualmente consideran más o menos lenguajes de modelado, con los colores azul y rojo, respectivamente. Se observa así, en la Figura 7, que las celdas situadas en la parte superior horizontal (dimensión 1) y en la parte

derecha vertical (motivaciones) son las celdas que menos lenguajes de modelado consideran. Por otro lado, las celdas del centro y de la parte inferior se presentan como las favorables para la incorporación de diferentes tipos de lenguajes, por tanto son más flexibles en el momento de desarrollar o presentar alguna idea y/o concepto.

Respecto a los niveles de decisión, se observa en la Tabla 1 que existe un cierto equilibrio en la utilización de lenguajes de modelado en los niveles de decisión táctico y operativo, con un 60% aproximadamente para ambos. No obstante, en el nivel de decisión estratégico, los lenguajes de modelado son poco utilizados dado que en este nivel se trata más de plantear y diseñar nuevas configuraciones así como de establecer requerimientos y definir objetivos, por lo que la utilización de lenguajes de modelado para este nivel es menos adecuada. Sin embargo su utilización no sería restrictiva, pero si costosa en las de especificaciones y expresiones que den cuenta de las estrategias del nodo o cadena de suministro. Respecto al nivel táctico, los lenguajes que más se adecúan son aquellos orientados hacia el modelado de procesos de negocios como son BPMN, BPEL, UEMML, UML, mientras que para el nivel de decisión operativo los lenguajes de modelado que expresan de una manera más coherente y clara los procesos son aquellos del tipo diagramas de flujos, de actividades y cadena de valor (*value stream map* o VSM).

De esta forma, el *Framework* Zachman, para el desarrollo del modelado conceptual de referencia para los procesos colaborativos en cadenas de suministro, se relacionará con los dos primeros renglones. Por lo tanto, la metodología de modelado que apoyará la elaboración del modelo conceptual de referencia, aplicable a los procesos colaborativos en cadenas de suministro desde un punto de vista descentralizado, tendrá en cuenta las dos primeras vistas del *Framework* (ver Figura 5), es decir, la de Objetivo/Alcance (contextual) y la de Modelado Empresarial (empresarial). Posteriormente, los tres siguientes renglones (tercero, cuarto y quinto), apoyarán la presentación de la arquitectura desde un punto de vista más específico en relación con los lenguajes de modelado y modelos de procesos que soporten tanto la identificación como la relación de los diferentes elementos conceptuales identificados (ver Capítulo 3 para más ejemplos de estos elementos). Finalmente, el último y sexto renglón, apoyará el desarrollo de la implementación de la arquitectura para obtener una perspectiva dinámica en relación con el comportamiento de las diferentes variables a tener en cuenta para el desarrollo de una medición del rendimiento de los procesos colaborativos. Específicamente en el desarrollo de estas tesis, en el Capítulo 7, se llevará a cabo la validación de la presente arquitectura mediante la aplicación de los sistemas multiagente al proceso de planificación colaborativa en una cadena de suministro ficticia de tipo árbol bajo una perspectiva descentralizada.

Así, como último elemento importante de esta fase conceptual, se definen y establecen los bloques constructivos que darán paso a la

construcción de la arquitectura de referencia propuesta. En base a esto, será posible, por un lado, aislar cada requerimiento y problemática en cada una de las celdas, con lo cual será más sencillo focalizar cada modelo en los diferentes niveles de detalle mientras que, por otro lado, se podrán establecer las relaciones entre cada modelo para identificar los elementos en común que consideran, así como los flujos de entrada y salida de información necesarios para soportar el modelado de los procesos colaborativos de la cadena de suministro. Seguidamente, cada bloque puede ser extendido hacia un nivel más detallado para el caso de la aplicación de la arquitectura a procesos más específicos de colaboración de la cadena de suministro, como por ejemplo el de planificación.

5.2.2 BLOQUES CONSTRUCTIVOS Y SUS RELACIONES

Los bloques constructivos de la arquitectura son aquellos elementos necesarios a tener en cuenta para la aplicación de la arquitectura en una cadena de suministro. De esta manera, tal como definido por **Schnetzler et al. (2007)**, los aspectos importantes a considerar para la definición de estos bloques son, en primer lugar, la definición de las entradas del sistema para establecer el posicionamiento estratégico de la empresa y la cadena de suministro. Seguidamente, es necesario definir el contenido de cada bloque, donde se tienen en cuenta los objetivos y alcances definidos para soportar el modelado e implementación de los procesos. Posteriormente, resulta necesaria la definición de las líneas de acción para llevar a un nivel más operativo estos aspectos y que se mantenga un vínculo coherente, tanto con los niveles de decisión tácticos y estratégicos de la empresa y cadena de suministro. Así mismo, **Stefanovic et al. (2009)** establecen que los bloques constructivos deben apoyar la flexibilidad de las empresas para incluir las entidades de negocio así como las políticas vigentes en la cadena de suministro. Por lo que resultará relevante para el modelado empresarial que estos bloques constructivos tengan en cuenta modelos y sub-modelos, la estructura de la cadena, las estructuras de negocio y las restricciones del entorno definidas en cada modelo. En este sentido, tal como se expresa en la Figura 8, los bloques constructivos que soporta, tienen en cuenta las vistas y perspectivas definidas en el *Framework Zachman*.

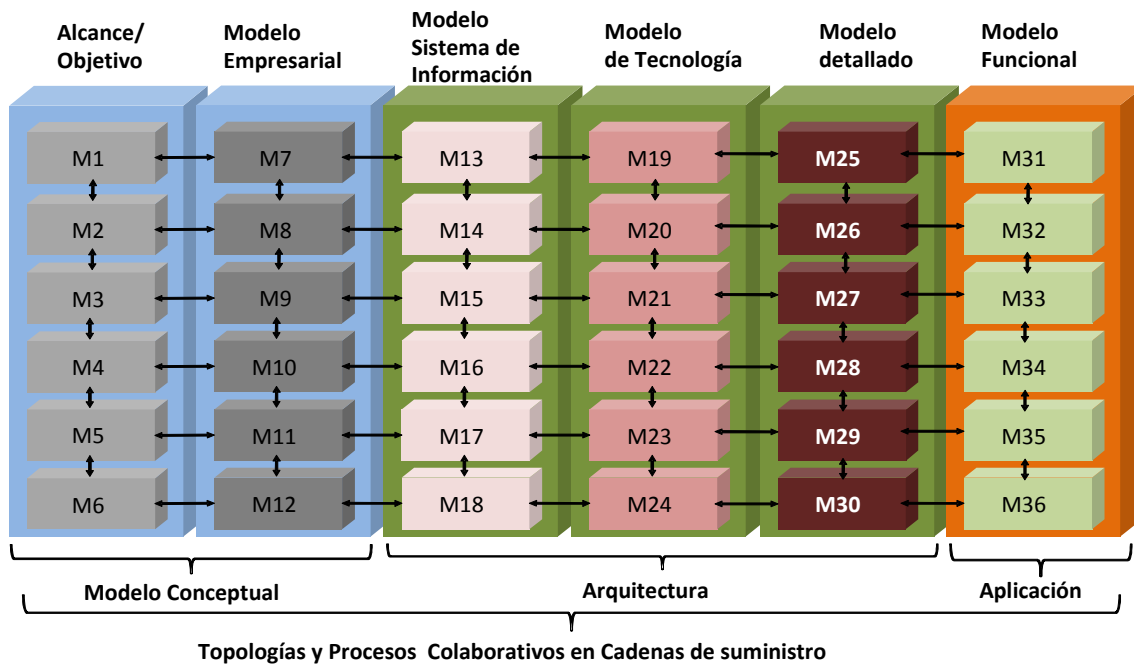


Figura 8. Bloques constructivos basados en el *Framework Zachman* para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada.

Por lo tanto, es posible establecer que los bloques constructivos podrán considerar perspectivas del tipo conceptual, funcional, física y aplicada. Es decir, que establecen y definen los elementos y sus relaciones de los procesos, en este caso colaborativos, de la cadena de suministro, los flujos de procesos, las especificaciones para la implementación de las propuestas colaborativas en cadenas de suministro y la implementación de la arquitectura en una topología de cadena de suministro dada, respectivamente. En este sentido, de acuerdo con la estructura del *Framework Zachman* definida por **Zachman (1997)**, las relaciones entre cada bloque para la elaboración de los modelos de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, podrán ser de varios tipos (ver Figura 9). De esta forma, cada modelo asociado a cada bloque (M1 a M36) se corresponde con los modelos establecidos en la Figura 2.

Simbolo	Significado
Mi	Celda rejilla Zachman
ND	No existe una relación directa
DV	Relación directa en la vista de alcance y objetivo
DV	Relación directa en la vista del modelo empresarial
DV	Relación directa en la vista del sistema de información
DV	Relación directa en la vista de tecnología
DV	Relación directa en la vista de detalle
DV	Relación directa en la vista de funcionalidad
DP	Relación directa en la perspectiva
MI	Relación basada en el modelo intermedio
A	Modelado conceptual
B	Arquitectura
C	Aplicación/Validación

Figura 9. Leyenda del mapa de relaciones *Framework* Zachman.

Seguidamente, según los tipos definidos, es posible establecer un mapa de relaciones para la elaboración de la arquitectura desde las perspectivas ya definidas. Tal como señala la Tabla 2, el mapa de relaciones se centra en cada perspectiva del *Framework* Zachman. Se destaca en este sentido que la arquitectura propuesta considera, por tanto, las relaciones directas e indirectas que los modelos de cada vista y perspectiva pueden considerar. De esta forma, la arquitectura estará soportada, primeramente por los modelos y sus relaciones directas con otro modelos, por ejemplo de la vista conceptual y lógica, o lógica y física, para luego, tener en cuenta las relaciones indirectas que darán una mayor validez a los modelos dado que evita la generación de modelos aislados.

Tabla 2. Mapa de relaciones *Framework Zachman* de apoyo al modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36				
M1	MI	DV	MI	MI	MI	MI	DP	ND					MI		ND				MI			ND			MI				ND							ND				
M2	DV	MI	DV	MI	MI	MI	ND	DP	ND					MI		ND				MI			ND			MI				ND										
M3	MI	DV	MI	DV	MI	MI		ND	DP	ND				ND		MI		ND			MI			ND			MI								MI					
M4	MI	MI	DV	MI	DV	MI		ND	DP	ND				ND		MI		ND	ND			MI			ND			MI							MI					
M5	MI	MI	MI	DV	MI	DV				ND	DP	ND				ND				MI			ND			MI				ND						MI				
M6	MI	MI	MI	MI	MI	DV	MI				ND	DP				ND				MI			ND			MI				ND						MI				
M7	DP	ND					MI	DV	MI	MI	MI	MI	DP	ND						MI			ND			MI				ND						MI				
M8	ND	DP	ND				DV	MI	DV	MI	MI	MI	ND	DP	ND					MI			ND			MI				ND					MI		ND			
M9		ND	DP	ND			MI	DV	MI	DV	MI	MI		ND	DP	ND				ND			MI			ND				ND						MI				
M10			ND	DP	ND		MI	MI	DV	MI	DV	MI			ND	DP	ND					ND			MI					ND						MI				
M11				ND	DP	ND	MI	MI	MI	MI	DV	MI				ND	DP	ND					ND			MI				ND						MI				
M12					ND	DP	MI	MI	MI	MI	DV	MI					ND	DP						ND			MI				ND						MI			
M13	MI						DP	ND					MI	DV	MI	MI	MI	MI	DP	ND					MI											MI				
M14		MI					ND	DP	ND				DV	MI	DV	MI	MI	MI	ND	DP	ND				MI											MI				
M15	ND		MI					ND	DP	ND				MI	DV	MI	MI	MI		ND	DP	ND				MI										MI				
M16				MI					ND	DP	ND				MI	DV	MI	MI			ND	DP	ND				MI										MI			
M17					MI					ND	DP	ND				MI	MI	MI	DV	MI					ND	DP	ND										MI			
M18											ND	DP	MI	MI	MI	MI	DV	MI							ND	DP											MI			
M19	MI																			MI	DV	MI	MI	MI	MI	DP	ND									MI				
M20		MI																		DV	MI	DV	MI	MI	MI	ND	DP	ND								MI				
M21			MI																	MI	DV	MI	MI	MI			ND	DP	ND							MI				
M22	ND			MI																MI	MI	DV	MI	MI			ND	DP	ND							MI				
M23					MI																MI	MI	MI	DV	MI			ND	DP	ND							MI			
M24						MI															MI	MI	MI	MI	DV	MI			ND	DP							MI			
M25	MI																																				MI			
M26		MI																																				MI		
M27			MI																																				MI	
M28				MI																																			MI	
M29	ND				MI																																		MI	
M30		ND																																					MI	
M31	MI																																						MI	
M32		MI																																					MI	
M33			MI																																				MI	
M34				MI																																			MI	
M35					MI																																		MI	
M36	ND					MI																																	MI	

Por lo tanto, los bloques constructivos para la definición de la arquitectura se agruparan según los grupos A, B y C, esto con la idea de apoyar la “mantenibilidad” (es decir, que son fácilmente corregibles a lo largo del tiempo según los nuevos requerimientos que vayan apareciendo debido a la evolución del entorno) de los modelos generados. Es decir, que cada bloque estará interrelacionado con los demás, con lo que los modelos pertenecientes a cada bloque servirán o bien como validación o bien como restricción a la elaboración o ejecución de los demás modelos pertenecientes a los diferentes bloques. Así, según el mapa establecido en la Tabla 2, la elaboración de la arquitectura, así como cada modelo relacionado con los bloques constructivos establecidos, tendrá una orientación hacia las relaciones directas ya sea por perspectiva como por vista, DV o DP, respectivamente. Esto se expresa en detalle en la sección 5.3 del presente Capítulo.

5.3 ARQUITECTURA DE REFERENCIA PARA EL SOPORTE DEL MODELADO DE LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN CADENAS DE SUMINISTRO

Las colaboración en la cadena de suministro presenta un reto, no solo en el modelado, sino que también en la integración de los modelos tanto a nivel interno (relación modelo-modelo) como a nivel externo (relación modelo-empresa), así como también en la generación de propuestas para que las diferentes perspectivas y niveles de detalle puedan ser comprendidos por las entidades de la cadena involucradas en los procesos colaborativos. Por lo tanto, la arquitectura dará cuenta de los modelos vinculados a cada vista y perspectiva que soporten el modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, en este caso, bajo una perspectiva descentralizada. Teniendo en cuenta el apoyo de cada bloque constructivo, los modelos tendrán consistencia y no-ambigüedad en las relaciones de entrada y salida así como también aportarán una mayor robustez en la aplicación de la arquitectura a diferentes topologías de cadena de suministro teniendo en cuenta diferentes tipos de tecnologías de la información. Por lo que, la estructura de la arquitectura para apoyar el modelado de los procesos colaborativos de la cadena de suministro considera, principalmente, cinco vistas del *Framework Zachman*. Las dos primeras, los objetivos y modelos conceptuales que la cadena, y por tanto cada nodo, considera. Posteriormente, las tres perspectivas siguientes encauzan los conceptos hacia una definición más formal respecto a los flujos de datos, información y procesos que se consideran, así como los mecanismos de colaboración que son relevantes para soportar los procesos colaborativos descentralizados en la cadena de suministro, que a su vez definen los comportamientos que el modelo físico del sistema ha de tener en cuenta. Así, en este apartado se explican en detalle cada modelo vinculado a cada bloque constructivo definido en la Figura 8.

5.3.1 OBJETIVOS Y ALCANCE (CONTEXTUAL)

En la primera vista del *Framework Zachman* se establecen los objetivos y alcance de la arquitectura. En este nivel son los *stakeholders* los que

definen y establecen los requerimientos y restricciones a tener en cuenta en los modelos que conformarán la arquitectura. Los requerimientos se pueden clasificar en tres tipos:

- **Flujos de datos e información.** Según el tipo de topología de cadena de suministro y los requerimientos de los nodos, el objetivo podrá considerar una perspectiva colaborativa donde los datos se intercambiarán para cubrir horizontes de información prolongados. Esto con la idea de permitir visualizar con mayor anticipación posibles problemas futuros. En el contexto específico de cadena de suministro y sus procesos estos problemas se relacionan con la imposibilidad de la empresa (o nodo de la cadena de suministro) para cumplir con ciertos pedidos por algún problema ya sea porque se excede la capacidad de la empresa según el requerimiento de un proveedor o bien porque existen más clientes que implican un requerimiento total sobre la capacidad del proveedor. También se podrá considerar una perspectiva no colaborativa, donde los clientes enviarán sus requerimientos en base a un horizonte pequeño de información (también conocido con el nombre de información a corto plazo). Para este caso, el proveedor deberá considerar este hecho mediante la superposición de este tipo de información con la información colaborativa para tener en cuenta las posibles desviaciones que puedan existir en los requerimientos de los clientes.
- **Estructura.** En este caso, se tiene en cuenta como cada tipo de topología de cadena de suministro estructura la información para intercambiarla entre los diferentes nodos. En base a esto, se puede establecer cómo los nodos generan, procesan, almacenan y envían la información, así como también se establece el sentido que los flujos de datos e información pueden considerar para establecer las diferentes perspectivas colaborativas entre los nodos de la cadena de suministro, teniendo en cuenta que dichas perspectivas podrán ser del tipo colaborativa o no-colaborativa. Por tanto, se tiene la estructura de los datos para soportar dicho intercambio. En este caso, la estructura de datos se basa en la identificación de nodos o entidades, atributos y relaciones de *cardinalidad* entre éstos.
- **Comportamientos.** Este requerimiento identifica los diferentes roles que cada nodo de la cadena de suministro puede cumplir. Es decir, para el caso de cadenas de suministro multi-nivel, establece si los nodos podrán ser de tipo cliente, clientes y proveedor o proveedor. Además, se instaure la condición de cliente tipo colaborativo o no-colaborativo. De acuerdo con esto, es posible visualizar de forma más dinámica los modelos ya que el modelado basado en comportamiento hará más visible la

dinámica del sistema y, por tanto, cómo las acciones vinculadas a los procesos colaborativos de los nodos de la cadena de suministro se van suscitando.

Por otro lado, las restricciones se centran en las diferencias del sentido de los flujos colaborativos tanto en la cadena como en cada nodo. Esto quiere decir que se podrá tener en cuenta una colaboración de tipo horizontal, donde el intercambio de información entre los nodos será en base a las relaciones existentes entre los diferentes niveles de decisión (estratégico, táctico y operativo) o de tipo vertical, que es la configuración clásica de colaboración entre clientes y proveedores. Consiguientemente, el objetivo y alcance vinculado a esta vista de la arquitectura para soportar el modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada se orienta hacia la definición de una metodología que apoye la identificación y el análisis de las entradas (*inputs*) y salidas (*outputs*), procesos y sub-procesos para el modelado conceptual de los procesos colaborativos asociados a la cadena de suministro. Posteriormente se establece la elaboración de un modelo de referencia para el modelado conceptual de los procesos colaborativos en cadena de suministro de modo que, desde una perspectiva genérica, sea posible abstraerlo hacia el concepto de planificación colaborativa en cadenas de suministro según ya explicado en el Capítulo 2. Para esto, el alcance de esta vista considera la caracterización de todos los pasos a seguir para una vez identificados y analizados los *inputs*, *outputs*, procesos y todos los sub-procesos de la cadena de suministro, poder determinar las relaciones existentes entre éstos.

Para esto, tal como se verá en las sub-secciones siguientes, en primer lugar, se distinguen los conceptos relacionados con los modelos y las teorías. A continuación, se abordan distintas definiciones de modelo conceptual. Además, se tratan otros aspectos relacionados con los modelos conceptuales tales como: objetivos, calidad de los mismos, captura de requerimientos, marco de trabajo, documentación e información, perspectiva dinámica, ventajas del entendimiento inicial del dominio de modelado y el uso de ontologías, lenguajes de modelado orientados a objetos/entidades, combinación de técnicas de modelado y la ventajas de partir de un modelo de referencia. De acuerdo con esto, se establece la metodología (ver Figura 11) para el modelado conceptual de los procesos colaborativos en cadenas de suministro basada en siete bloques o fases principales: visualizar, analizar, conceptualizar, modelar, validar, corregir y proponer. Seguidamente, la metodología propuesta es utilizada para el desarrollo de un modelo que pueda servir de referencia para el modelado conceptual de los procesos colaborativos.

5.3.1.1 METODOLOGÍA DE MODELADO PARA LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN CADENAS DE SUMINISTRO

Una metodología establece una forma de hacer las cosas con la idea principal de estandarizar (o normalizar) los procedimientos relacionados con una actividad determinada, con lo que se consigue un entendimiento mejor de las acciones a ejecutar y de los resultados a presentar. Este apartado se basa en la metodología desarrollada por **Hernández et al. (2008)**. Dicha metodología se orienta al modelado conceptual de los procesos de planificación de la producción. Aquí se extiende para a la incorporación de los conceptos de colaboración en un entorno de la cadena de suministro. Dado que la metodología propuesta por **Hernández et al. (2008)** se presenta de una forma general, su extensión para este dominio de modelado resulta idónea. Por lo tanto, la metodología que dará soporte a los procesos colaborativos en la cadena de suministro, en concreto a la planificación colaborativa, considera los siete bloques inicialmente propuestos por **Hernández et al. (2008)**. Estos bloques establecen las fases a considerar para la construcción de un modelo conceptual de procesos. La Figura 10 presenta un esquema, basado en un lenguaje semi-formal, donde se presentan las fases a considerar en la metodología de modelado.

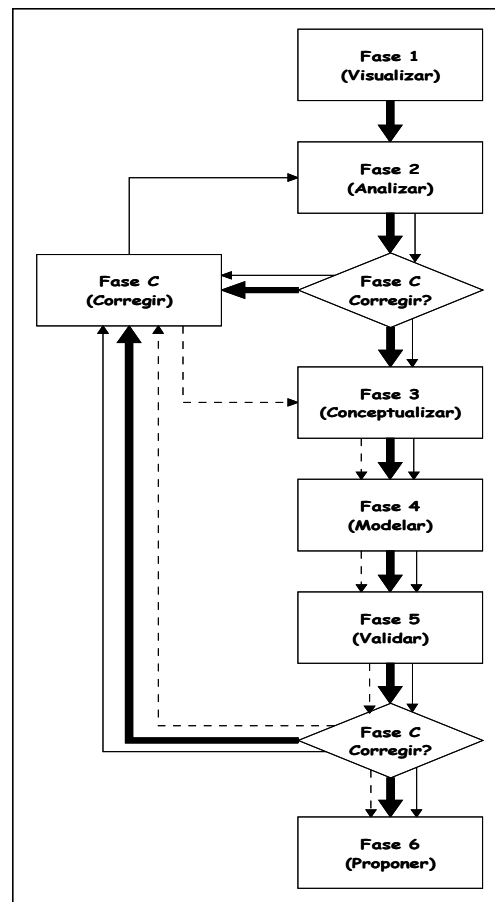


Figura 10. Metodología de de referencia para el modelado conceptual (Fuente: Hernández et al. (2008)).

Tal y como fue definido por **Hernández *et al.* (2008)**, las Fases 1 (Visualizar), 2 (Analizar), 3 (Conceptualizar), 4 (Modelar), 5 (Validar) y 6 (Proponer), presentadas en la Figura 10, se representan por un rectángulo, mientras que la Fase C (Corrección) se representa tanto por un rectángulo como por un rombo de decisión, esto quiere decir que en caso de ser necesario, se activará el proceso de corrección. Estas fases se explican a continuación:

- **Fase 1.** También denominada **Visualizar**. Consiste en lograr un entendimiento adecuado de los procesos y las actividades para la posterior definición del dominio de modelado (que se verá en la Fase 3). Para ello, se requiere, en primer lugar, identificar la empresa, el ámbito o sector, es decir, las entidades involucradas en la cadena de suministro, con el objetivo de obtener una primera aproximación del dominio. Dicha aproximación puede considerarse tanto una perspectiva estática como dinámica de los procesos, permitiendo la identificación inicial de los flujos de productos, información y decisiones existentes en la cadena de suministro así como en las entidades o nodos implicados en dichos flujos. Esto además implica la identificación de la topología de cadena de suministro bajo la cual se llevan a cabo los procesos y, por consiguiente, los flujos mencionados. Dicho tipo de cadena se clasifica en una taxonomía que podrá ser de diferentes tipos según sea el caso (según ya visto en el Capítulo 2). En este sentido, cabe resaltar que los flujos de productos o materiales, hacen referencia a los flujos físicos en la cadena de suministro vinculados a los procesos de transformación, recursos físicos implicados en los mismos, al transporte y/o la distribución de éstos. Por otro lado, las entidades serán aquellos componentes pertenecientes a un proceso de negocio que tienen la posibilidad de entregar, recibir y/o procesar información para el beneficio del propio entorno y/o apoyar el dinamismo de las actividades asociadas a dichos procesos (ver Figura 11).

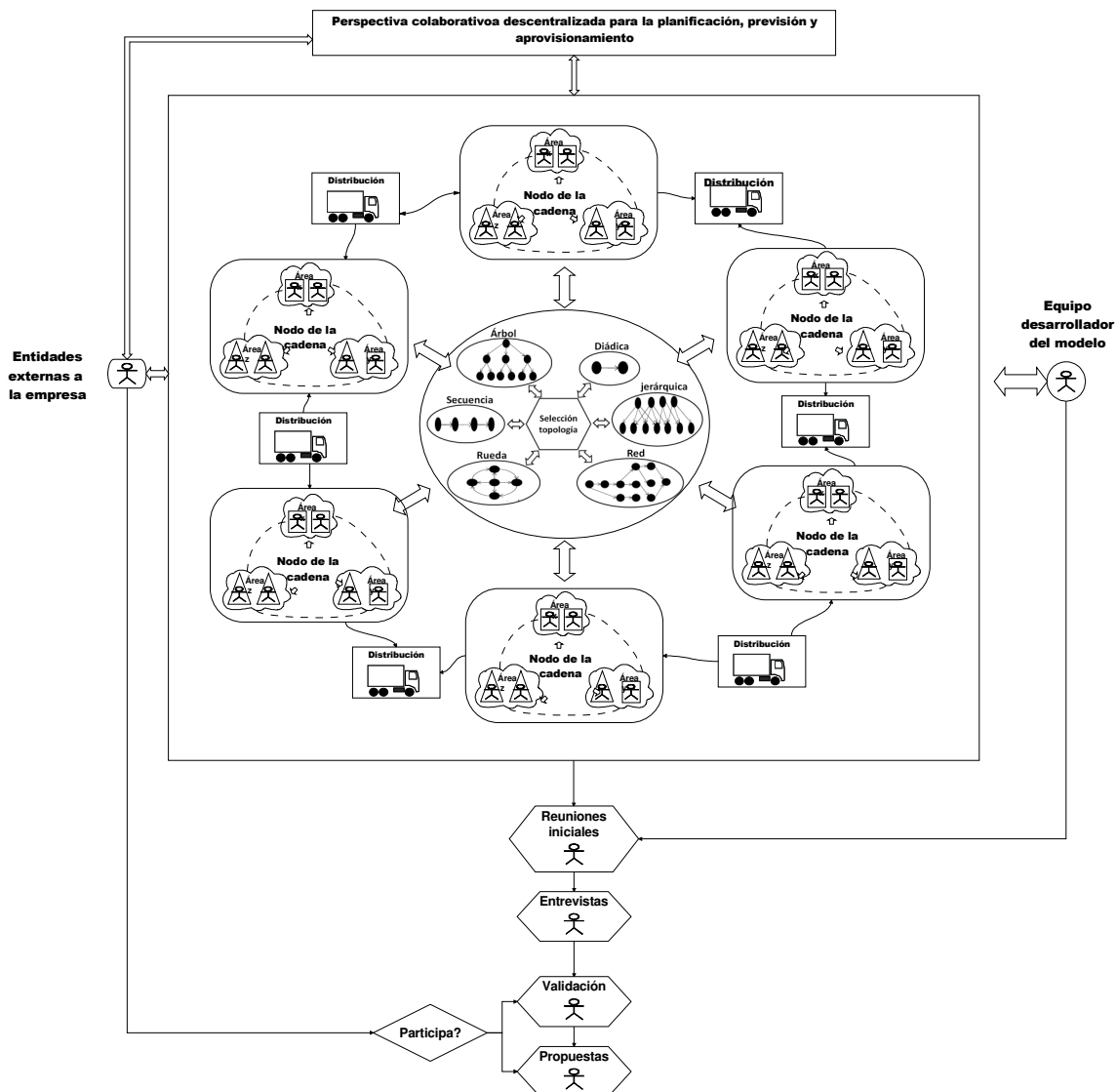


Figura 11. Identificación de las entidades para el proceso de desarrollo del modelado conceptual. (Fuente: Adaptación de **Hernández et al. (2008)**)

De acuerdo con la Figura 11, los componentes que interactúan (o participan) en el modelado de los procesos colaborativos, y que serán considerados en el desarrollo del modelo conceptual son:

- Nodos de la cadena, personal de la empresa, entidades internas y entidades internas adicionales.
- Equipo desarrollador.
- Equipo de trabajo.
- Entidades externas.
- Distribución

La empresa (o nodo de la cadena) es la encargada de suministrar la información y validar los resultados encontrados durante el desarrollo de las fases de esta metodología. Está compuesta por áreas (interconectadas entre

ellas) que podrán tener relación completa, parcial o nula con el dominio de modelado. Como se establece en la Figura 11, el área que tenga una relación completa se representa por dos individuos encerrados en un rectángulo. Estos individuos se denominan entidades internas de la empresa, los cuales pertenecen al proceso de negocio bajo estudio y colaboran de forma directa con el proceso de desarrollo del modelo conceptual. En el caso de que el área tenga una relación parcial, se representa por un individuo encerrado en un rectángulo y otro encerrado en un triángulo. El individuo encerrado en un triángulo es una entidad interna de la empresa asociada al proceso de negocio, y recibirá el nombre de entidades internas adicionales. Estas entidades internas adicionales no colaboran de forma directa con el proceso de desarrollo del modelo conceptual. Finalmente, en el caso que el área no presente relación alguna con el proceso de modelado conceptual, se representa por dos individuos encerrados en un triángulo.

Adicional a lo anterior, existe el equipo desarrollador del modelo conceptual. Este equipo será el encargado de capturar los requerimientos de la empresa, y por consiguiente establecer las áreas y las entidades (internas e internas adicionales) que estarán relacionadas con el proceso de negocio, permitiendo la correcta identificación del dominio en fases posteriores. Este equipo se denomina equipo de desarrollo. Posteriormente, están las entidades externas relacionadas con el proceso de negocio de la empresa, tales como son los proveedores, clientes, transportistas, etc. Las entidades externas a la empresa cobran relevancia cuando el equipo desarrollador considera necesario obtener retroalimentación de información por parte de ellos. En caso de ser así, resultarán útiles para las futuras validaciones del modelo conceptual y la generación de propuestas. Las entidades externas a la empresa asociadas al proceso de negocio recibirán el nombre de entidades externas. También se considera el equipo de trabajo que estará conformado por las entidades internas más el equipo desarrollador. Las actividades principales de este equipo de trabajo serán la participación en el desarrollo de las reuniones, entrevistas, validaciones y propuestas, así como el cumplimiento de éstas. En el caso que se estime conveniente, las entidades externas pueden aportar información o ideas para llevar a cabo validaciones y propuestas de mejora. Finalmente, los procesos de distribución y aprovisionamiento, desde un punto de vista de los procesos colaborativos, consideran unidades de distribución que proporcionarán la información suficiente a los nodos de la cadena. Esto con el objetivo de que la empresa en el momento de generar el plan de requerimientos considere, por ejemplo, la disponibilidad del transporte tanto para recoger la materia prima por parte de los proveedores, como para enviar los productos finales al cliente si así se estipula.

Un aspecto adicional a tener en cuenta es la definición del equipo de trabajo para el modelado conceptual. Una comunicación adecuada entre los componentes del equipo de trabajo facilitará la obtención de requerimientos que alimentarán el modelado conceptual. La identificación de las entidades internas para el establecimiento de entrevistas y reuniones iniciales se puede conseguir a partir del organigrama funcional de la empresa.

Posteriormente, en base a las aproximaciones iniciales obtenidas a partir de la información proporcionada por la empresa y las reuniones iniciales se plantean los objetivos y el papel futuro del proceso de modelado conceptual. Estos objetivos deben ser compatibles con los requerimientos de las entidades internas, ya que éstos definirán el alcance del modelo. Por lo tanto, los objetivos del modelado conceptual son:

- Analizar los procesos de la empresa.
 - Identificar aquellos procesos que se presenten como críticos para el modelado conceptual.
 - Identificar los requerimientos de las actividades principales del dominio de modelado.
 - Conceptualizar los aspectos relevantes y el establecimiento de las relaciones entre ellos.
 - Representar de manera abstracta aquellos aspectos relevantes y sus relaciones.
 - Capturar los requerimientos de las entidades internas y focalizar el análisis en aquellos aspectos de relevancia para la empresa.
 - Establecer mejoras a partir de la identificación de los factores críticos detectados durante el desarrollo del modelo conceptual.
- **Fase 2.** También denominada **Análisis**. Considera el análisis de los procesos a partir de la documentación existente en los nodos de la cadena. Esta documentación apoyará la definición posterior del dominio.

También, como parte de la fase de Análisis se recomienda el estudio y la generación de documentación, de las técnicas y herramientas principales del modelado conceptual existentes. Lo que facilitará la elección de la herramienta adecuada para representar el modelo conceptual en cada situación. La documentación estudiada en esta fase servirá de apoyo a la comunicación entre las entidades internas de los nodos de la cadena y el equipo desarrollador. También, ayudará al correcto entendimiento del dominio. Esto último se logrará a través de la identificación de las entradas necesarias para el diseño y modelado de los procesos que apoyan la colaboración en la cadena de suministro. Esta documentación, además, apoyará la consecución, a posteriori, del modelo conceptual.

Por último, esta fase se debe someter a un proceso de revisión. El proceso de revisión es llevado a cabo en la fase C, denominada Corrección, que se explica más adelante.

- **Fase 3.** También denominada **Conceptualizar**. En esta fase, a través de la identificación de los aspectos estáticos y dinámicos de la problemática, se establecen una serie de definiciones o glosario que facilitará la comunicación entre los componentes del equipo de

trabajo. Esto guiará a un entendimiento mejor del dominio de modelado y a un establecimiento correcto de los requerimientos. La definición de este dominio marcará el alcance del modelado de los flujos de productos, información y decisiones que soportarán la colaboración en la cadena de suministro.

En esta fase, el equipo desarrollador analiza tres vistas principales a partir del análisis llevado a cabo en la Fase 2 y a través de las entrevistas realizadas a las entidades internas en los nodos de la cadena de suministro. El primero está relacionado con la descripción de los flujos de productos y de los recursos físicos existentes en la empresa. En este caso se identificarán las áreas de mejora y se establecerán las bases para la elaboración del modelo futuro considerando las características actuales de los procesos de transformación. La segunda vista está relacionada con el sistema de información de apoyo a la toma de decisiones, que tendrá como objetivo entender el alcance y la problemática del dominio de modelado en función de las estructuras informáticas existentes y de los procesos que interactúan con el sistema de información, más específicamente para el caso de los entornos colaborativos se tendrá en cuenta la información que se intercambia entre los nodos y los mecanismos que soporta este intercambio. Finalmente, la tercera vista se relaciona con los flujos de decisión, y está relacionada con los flujos de decisiones que tienen lugar en el dominio de los procesos colaborativos en la cadena de suministro que se quiere modelar. Así, seguidamente, es necesario considerar que una definición adecuada de las entrevistas conducirá a una definición mejor de estas dimensiones. Estas entrevistas deben considerar, principalmente, los objetivos establecidos en la Fase 1 y los documentos de la empresa, analizados en la Fase 2.

Los modelos que se realizarán en la siguiente fase (Fase 4) requieren previamente identificar aspectos tales como la gramática, el método, el modelo y el contexto asociado al dominio, así como también los flujos mencionados anteriormente. La gramática se refiere a las reglas comunes de comunicación y combinación que el modelo considerará y aceptará, estas reglas deben ser comunes para todo el modelado del dominio así como para los lenguajes. El modelo consiste en establecer la representación adecuada que se espera obtener con el modelado (dicha representación, tal como se vio en *Framework Zachman*, podrá ser tanto gráfica como narrativa según la vista y dimensión que se requiera representar). En este caso, dicha representación generará el modelo conceptual del dominio considerado. Finalmente, el contexto define cómo el modelo conceptual se aplicará en el dominio establecido.

También, en la fase de Conceptualización es necesario considerar los aspectos lingüísticos a utilizar. Éstos son la sintaxis, que enlaza el modelo con el lenguaje de modelado, la semántica, que relaciona el

modelo con el dominio y la pragmática, que relaciona el modelo con las entidades internas involucradas en el proceso de modelado.

Por último, en esta fase se identificarán y revisarán modelos, orientados a una representación empresarial y conceptual existentes en la literatura científica e investigadora, que aborden dominios de modelado similares, y que puedan servir de referencia al equipo desarrollador. Ejemplos de estos modelos se han presentado el Capítulo 3 y, además, cómo han aportado a la extensión y desarrollo de la metodología de **Hernández *et al.* (2008)** se ve en la Tabla 2.

- **Fase 4.** También denominada **Modelado**. Considera los conceptos y relaciones principales del dominio, que fue definido previamente en la Fase 3 de conceptualización. También se tendrán en cuenta los modelos estudiados en la Fase 3. En la fase de modelado se establecen los modelos o formas de representación (por lo general abstractas), que explicarán de manera mejor el dominio. Las formas de representación dependerán del tipo de lenguaje que se utilice y del grado de formalidad que se considere (informal, semi-formal, formal). Adicional a lo anterior, esta fase debe considerar las herramientas estudiadas en la Fase de Análisis, que apoyarán las distintas representaciones a considerar del dominio (flujos de productos, información y decisiones) obtenidas en la Fase de Conceptualización. Estas representaciones, y sus relaciones, establecerán el modelo conceptual del dominio. Esta vista conceptual recopila y establece las relaciones entre los flujos de productos, información y decisión a partir de los modelos e identificación de los elementos conceptuales y sus relaciones.

Según las diferentes perspectivas que se hayan establecido en la Fase de Análisis, es posible definir representaciones con una o más herramientas de modelado. La elección entre una herramienta u otra dependerá de la facilidad y claridad que éstas posean para expresar los conceptos relacionados con el modelado de los procesos de negocio del dominio, así como de la integración (facilidad de adaptación e incorporación de conocimientos) que presente con el análisis generado en esta fase. Estos análisis resultarán de vital importancia para las fases posteriores ya que actuarán como medio de comunicación, y validación, con las entidades internas.

De forma adicional a lo expuesto en el Capítulo 3, **Aguilar-Savén (2004)** plantea que la utilización de técnicas de modelado adecuadas requiere tener en consideración el propósito del análisis, así como el conocimiento de herramientas y técnicas disponibles para el modelado de procesos. Las técnicas de modelado que se utilizan con más frecuencia son:

- **Diagramas de flujos.** De acuerdo con **Lakin *et al.* (1996)**, esta técnica se define como una representación gráfica formal de

la secuencia lógica de un programa, procesos productivos, organigramas, etc. Esta representación gráfica utiliza símbolos para representar operaciones, datos, flujos, etc., con la finalidad de apoyar la definición, análisis o solución de los problemas. Las características más importantes son la flexibilidad y la facilidad que presentan para comunicar.

- **Diagramas de flujo de datos.** Estos diagramas, como su nombre indica, representan el flujo de los datos o la información que circula de un lugar a otro. **Aguilar-Savén (2004)** establece que dichos diagramas describen los procesos desde el punto de vista de las conexiones, o vínculos, que éstos poseen en cuanto al intercambio de información. Y cómo los procesos se relacionan con las entidades de la empresa así como con las entidades externas. La utilización de diagramas de flujo de datos permite la especificación de un sistema desde el punto de vista del nivel lógico. Esto quiere decir que será capaz de describir qué hará el proceso en lugar de cómo lo hará.
- **Diagramas de actividad.** De acuerdo con **Holt *et al.* (1983)**, estos diagramas se basan en una vista gráfica del proceso desde la perspectiva de los individuos que participan en las actividades, concentrando el esfuerzo de representación en las responsabilidades de los individuos y la interacción entre ellos.
- **Diagramas de interacción.** **Boma (1996)** establece que los diagramas de interacción son el resultado gráfico de la combinación entre los modelos de actividad y los diagramas de interacción de objetos de Jacobson's.
- **Diagramas IDEF.** **IDEF (2010)** los define como una familia de métodos que soportan las necesidades de modelado de una empresa incluidas sus áreas de negocio. Los componentes de esta familia son:
 - **IDEF0.** Utilizado para el desarrollo de representaciones, gráficas y estructuradas, de procesos o sistemas complejos empresariales;
 - **IDEF1.** Utilizado para el modelado de información capturando las vistas de información esenciales de la empresa;
 - **IDEF1X.** Utilizado para el modelado de datos capturando la vista lógica de la empresa;
 - **IDEF2.** Orientado al diseño de modelos de simulación, para la representación de la variación en el tiempo de los recursos en un sistema productivo;
 - **IDEF3.** Utilizado para representar los aspectos de comportamiento de los procesos;

- **IDEF4.** Utilizado para representar el paradigma del modelado orientado a objetos; e
 - **IDEF5.** Método teórico y empírico para crear, modificar y hacer perdurar en el tiempo las ontologías asociadas.
 - **Diagramas asociados al lenguaje unificado de modelado (UML).** De acuerdo con **UML (2010)** y **Booch et al. (1999)**, UML está diseñado para especificar, visualizar, construir y documentar los artefactos de un sistema de software así como los modelos de negocio en el caso que el sistema no sea un software. UML utiliza métodos de modelado orientados a objetos y considera aspectos conceptuales como los procesos de negocio y las funciones de un sistema, así como otros aspectos concretos tales como lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes de software reutilizables.
- **Fase 5:** También denominada **Validar**. En esta fase se procede a validar el modelo conceptual construido en la Fase 4 así como la información recopilada en las fases anteriores. Este proceso de validación se lleva a cabo en conjunto con las entidades internas, nodos de la cadena de suministro y el equipo desarrollador, que forman el equipo de trabajo señalado en la Figura 11. Los participantes del equipo de trabajo deben ver reflejada la situación actual en función de los parámetros establecidos en la fase de análisis y cómo éstos representan el comportamiento de las entidades internas, entidades internas adicionales y procesos de negocio del dominio. En el caso de la detección de inconsistencias o errores, esta fase conducirá a un proceso de revisión. El proceso de revisión se lleva a cabo en la Fase C, denominada Corrección, que se explica más adelante.
 - **Fase 6:** También denominada **Proponer**. Cuando el modelo conceptual se ha validado se obtiene la situación actual o *As-Is*. A partir del modelo *As-Is* es posible plantear propuestas de mejora o aplicar otras técnicas de modelado para la representación del sistema actual que permita proporcionar un entendimiento mejor en función de otros aspectos de la problemática o dominio. Es posible, por ejemplo, reutilizar las ontologías definidas en la Fase 4 de modelado, así como identificar otras entidades pertenecientes a la empresa o considerar las entidades externas adicionales estableciendo relaciones para los requerimientos nuevos a modelar. En esta fase se utiliza el concepto de experimentación para proponer y testar nuevas alternativas que den solución a las problemáticas detectadas en las fases anteriores. La experimentación tendrá por objetivo la consecución de una o más soluciones, siendo los modelos asociados a estas propuestas denominados *To-Be*.

El resultado de esta fase será una propuesta de mejora cuyo propósito es recoger, analizar y definir los requerimientos que se harán a partir del modelado conceptual. Las propuestas se centrarán, principalmente, en la funcionalidad requerida por las entidades internas así como en los modelos o sistemas prototipo que se desarrollarán para proporcionar dichas funcionalidades.

- **Fase C:** También denominada **Corrección**. Si a partir de la fase de validación aparecen inconsistencias, se debe pasar a la fase de **Corrección**.

De forma general, respecto a la metodología de modelado, la secuencia de las fases, en determinados instantes, se verá interrumpida por una fase de corrección (denominada C) que cumple una labor, mayoritariamente, preventiva y, según sea necesario, una labor correctiva. Es posible que el modelado conceptual correcto del dominio se obtenga a partir de varias iteraciones en función de los cambios que se vayan realizando. Mientras las correcciones, o cambios, ocurran en las fases tempranas del modelado, más posibilidad existirá de detectar (o mitigar) posibles errores que repercutirían más adelante. En caso de que se detecten errores en fases adelantadas del modelado resultará, posiblemente, demasiado costoso realizar correcciones e incluso puede que sea necesario comenzar (el modelado) desde el principio. Por lo que resulta bastante útil, cada cierto instante del proceso de modelado realizar algunas comprobaciones.

Según lo ya estipulado por **Hernández et al. (2008)**, la representación gráfica conceptual considera lo siguiente: la flecha más gruesa de la Figura 9 representa la primera iteración o proceso del modelado inicial. En el caso de que la Fase C solo haya cumplido una labor preventiva (revisión sin correcciones), esta flecha gruesa se mantendrá hasta el final del proceso de modelado, representando un caso óptimo de modelado. En caso de existir alguna labor correctiva en el modelado se identificará, dependiendo de lo avanzado del proceso de modelado, por dos flechas una delgada y otra punteada. En el caso que los errores hayan sido detectados en las fases tempranas del modelado, es decir entre las Fases 1 y 2 (falta de documentación o información suministrada, por la empresa, poco adecuada para el establecimiento de requerimientos), se procederá a mitigar dichos errores con labores correctivas. Esto se lograría estableciendo nuevas reuniones (con las entidades internas) o solicitando nueva información acorde a los objetivos planteados en la Fase 1. Dado que la retroalimentación producida por la Fase C generará un nuevo conocimiento, o influirá en las decisiones futuras durante la elaboración del modelo, se representa con una flecha delgada la elaboración del modelo influenciado por ese nuevo conocimiento. Así, en caso de que la flecha delgada llegue al final del proceso de modelado, representaría la consecución del modelo bajo correcciones en fases tempranas del modelado, lo que cumple con las condiciones de calidad para la elaboración de modelos conceptuales. Finalmente, si el proceso de modelado se somete a correcciones en una etapa tardía del modelado, producto de que el modelo no apruebe la Fase 5 de validación, la corrección será mucho más costosa. En dicho caso, si se

procede a realizar dichas correcciones, el proceso comenzará nuevamente a partir de la Fase 3 por medio de la consideración de las correcciones realizadas en las definiciones y la elaboración del modelo. Este caso queda representado por la flecha punteada.

El detalle de la metodología de modelado conceptual se presenta en la Figura 12, a través de un diagrama semi-formal. En este diagrama, las actividades principales se representan por un rectángulo. Y por un círculo la documentación relevante, generada a partir de las fases, para el desarrollo del modelo conceptual.

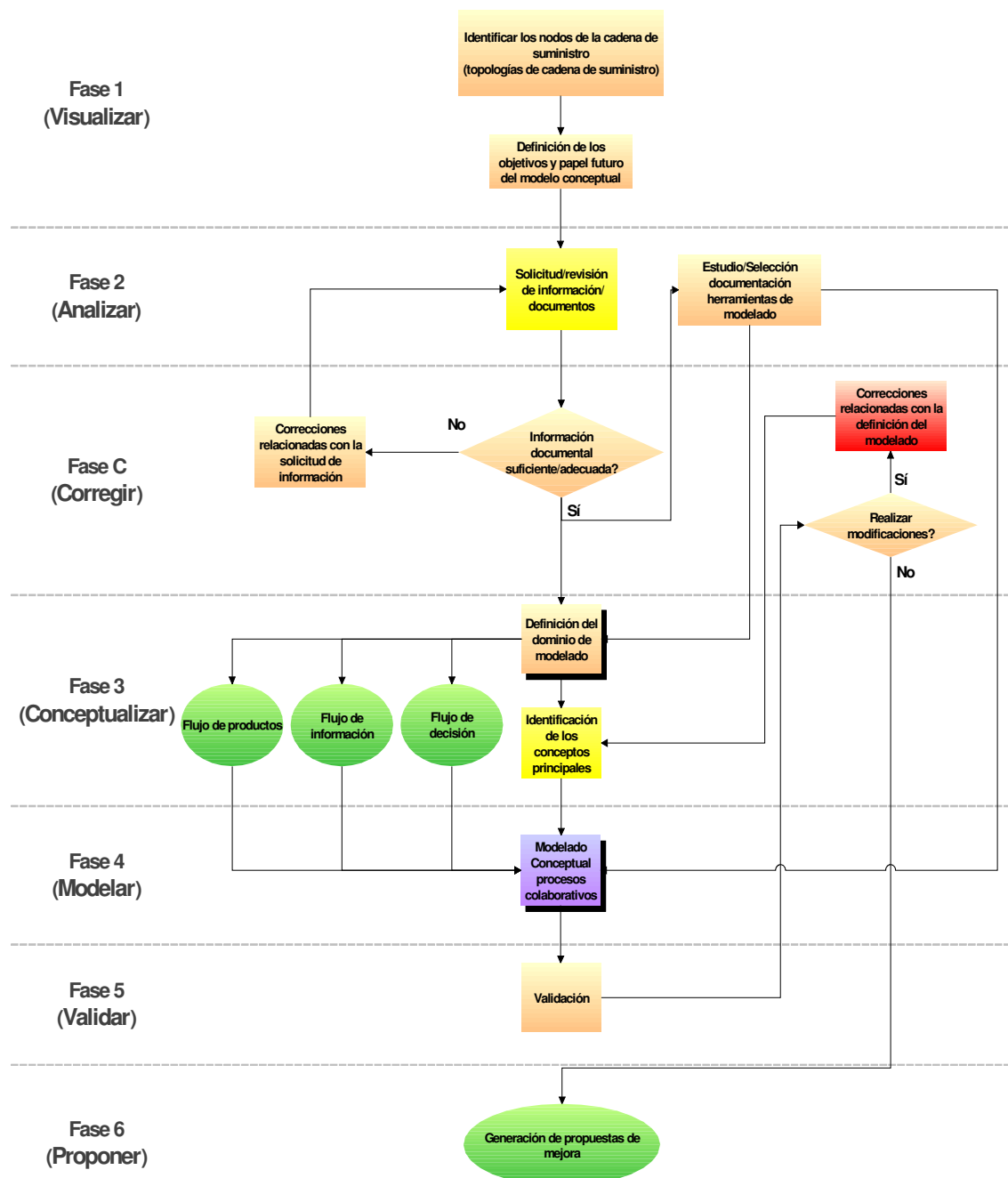


Figura 12. Desarrollo de la metodología para el modelado conceptual de referencia. (Fuente: Adaptación de Hernández *et al.* (2008))

De esta manera, en el marco del *Framework Zachman*, la metodología de modelado (Figura 11) establece el alcance y los límites con relación a los componentes relevantes que se deben tener en cuenta en las representaciones de sus dimensiones y perspectivas. Respecto a las perspectivas de motivación y datos, las dos primeras fases establecen la identificación de la información relevante del entorno en relación con los procesos existentes para apoyar las entradas al dominio de modelado. De igual manera, estas entradas identificarán "dónde" ocurren los procesos. Seguidamente, las funciones vinculadas al entorno se relacionan con el desarrollo de los modelos en las diferentes perspectivas de cada dimensión, bajo lo cual se define "cómo" y "cuándo" ocurren los procesos. Finalmente, las tres últimas fases consideran las funciones presentes en el entorno y, además, las entidades involucradas en los procesos. Por lo tanto, esta primera dimensión establece las líneas de acción previas al proceso del modelado empresarial. Éstas se enmarcarán en las demás dimensiones del *Framework Zachman*, tal y como propuesto en las Figura 5 y Figura 6, según la perspectiva colaborativa descentraliza de la cadena de suministro.

5.3.2 MODELADO EMPRESARIAL (CONCEPTUAL)

Los modelos conceptuales dentro del área de planificación pueden considerarse como modelos formales según la definición proporcionada por **Zimmermann (1987)**. De esta manera, **Giannoccaro y Pontrandolfo (2001)** definen los modelos conceptuales como herramientas descriptivas, que subrayan los aspectos principales y las variables relevantes implicadas en un problema específico, y/o estructuras empíricas que proponen directrices para abarcar los problemas de un dominio de modelado. La gran mayoría de los modelos conceptuales están pensados para resolver los problemas de configuración o diseño, más bien que los problemas de coordinación. Lo importante, finalmente, es que el modelo conceptual sea entendible tanto para los *stakeholders*, como para los analistas y diseñadores.

En el caso específico de un entorno colaborativo en la cadena de suministro, y desde un punto de vista conceptual, serán varios los factores y los elementos que tiene una participación relevante tanto para la identificación de los elementos de apoyo a la colaboración así como en el establecimiento de sus relaciones (ver Figura 13). De esta manera, tal y como ya visto en el Capítulo 2, la colaboración en la cadena de suministro centra sus esfuerzos, primeramente, en transmitir la información relevante a todos los niveles de la cadena, y luego en cómo esta información intercambiada es utilizada para apoyar los procesos de retroalimentación de la información que, a posteriori, favorecerán los procesos de toma de decisión de los decisores involucrados en cada eslabón de la cadena. Como punto adicional al contexto colaborativo está el concepto de descentralización, que considera el hecho de que no todos los nodos de la cadena estarán dispuestos a colaborar y por tanto, según esta condición, el tratamiento de la información que se intercambia deberá considerar esta

característica en los nodos, donde el tipo de topología de la cadena de suministro adquiere una connotación importante.

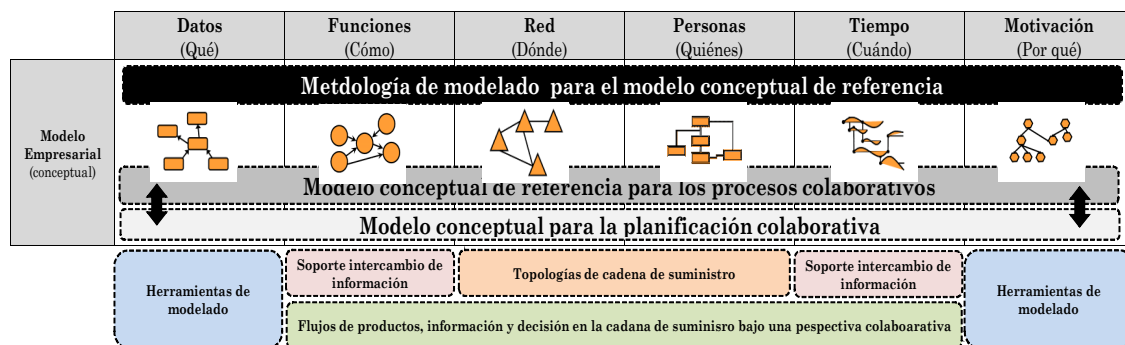


Figura 13. Modelo conceptual basado en el *Framework Zachman* para el apoyo del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro

El modelado de los aspectos relevantes desde el punto de vista de la gestión de la cadena de suministro soportado por el *Framework Zachman* requiere la consideración de perspectiva que apoye en primer lugar, la identificación de los elementos de ayuda a la colaboración así como la metodología que regirá estos elementos, sus relaciones y sus interpretaciones para apoyar el modelado. En segundo lugar, se han de tener en cuenta las herramientas y lenguajes que lleven a un plano más formal las interpretaciones de estos elementos que, en la mayoría de los casos, se orientan hacia la identificación de los nodos de la cadena, el tipo de información intercambiada y los procesos que se desarrollan teniendo en cuenta la información que se obtiene de los demás nodos de la cadena. Finalmente, el modelado empresarial tendrá en cuenta los flujos presentes en la cadena y en cada nodo para apoyar al entendimiento y la visualización de las relaciones colaborativas en la cadena.

Así, de acuerdo con la perspectiva conceptual del modelado de los procesos colaborativos, se explican a continuación cómo cada fase de la metodología de modelado apoyará la construcción del modelo conceptual de referencia que, consecuentemente, determinará las líneas conceptuales bajo las cuales la arquitectura apoyará al modelado conceptual de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada.

5.3.2.1 METODOLOGÍA DE MODELADO

El modelado del proceso de planificación, bajo un contexto colaborativo y descentralizado, persigue conocer de forma fiable la información intercambiada de la demanda de los clientes quienes podrán ser colaborativos (aquellos dispuestos a compartir gran parte o la totalidad de su información de demanda o planes de demanda) o no-colaborativos (aquellos que solo comparten información en un horizonte pequeño, es decir al corto plazo). Además, considera establecer los requerimientos de materiales, niveles de producción e inventario, así como la capacidad de los nodos de la cadena bajo la perspectiva de un horizonte finito y, de forma

adicional, la disponibilidad del transporte para solicitar y recibir las materias primas y el correspondiente envío/distribución a un cliente final. Esto con el objetivo de, por ejemplo, minimizar los costes generados por los planes de producción y transporte, o maximizar los beneficios de cada nodo teniendo en cuenta las respuestas que los proveedores generan a sus peticiones.

De esta manera, el modelo conceptual que se describe a continuación se plantea para que pueda servir de referencia para el modelado conceptual de los procesos colaborativos en cadenas de suministro desde una perspectiva descentralizada. Este modelo de referencia podrá tenerse en cuenta por los futuros procesos/desarrollos de modelado en la Fase 3 de la metodología de modelado conceptual propuesta.

Por lo tanto, según el establecimiento del dominio de modelado, se procederá a su entendimiento, análisis y modelado conceptual. Todo lo anterior sustentado por la metodología planteada para la consecución del modelo conceptual de referencia.

5.3.2.1.1 FASE 1 VISUALIZAR

Esta primera fase tiene por objetivo conocer la problemática actual de la empresa y así poder identificar los aspectos críticos que se deben incorporar en el modelo. Para ello, se llevan a cabo reuniones iniciales donde el equipo desarrollador, encargado del modelado, se da a conocer frente a las entidades internas involucradas en los procesos a modelar. Conceptualmente, como se señaló en las Figuras 10 y 12, las actividades a considerar en esta fase se presentan en la Figura 14.

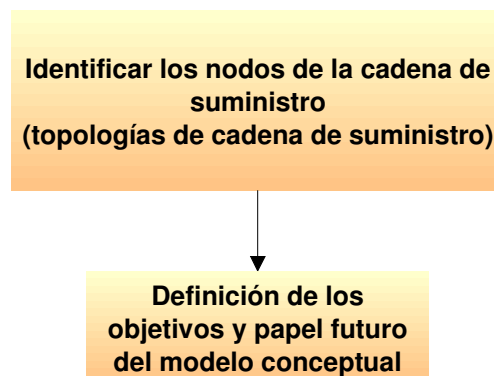


Figura 14. Actividades principales para la visualización del dominio.

Las tareas a desarrollar en esta fase proporcionarán una primera aproximación para la definición del dominio que se considerará, finalmente, en la fase de modelado. Estas tareas se comentan en los siguientes apartados.

- **Identificar los nodos de la cadena de suministro**

Esta actividad está orientada a familiarizarse con los entornos de cadena de suministro bajo una perspectiva colaborativa para así obtener, en una primera aproximación, los factores relevantes que se deberían contemplar en el dominio. Además, según ya mencionado con anterioridad

en este Capítulo, el dominio considera la topología de cadena de suministro bajo la cual los diferentes nodos interactúan para cumplir, por ejemplo, con la demanda del cliente final (ejemplos de estas topologías fueron estudiadas en el Capítulo 2). Por consiguiente, dada la perspectiva descentralizada bajo la cual se sitúa el marco de acción de este modelo conceptual de referencia para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro, la identificación de la información que se intercambian los diferentes nodos resulta de extrema utilidad para apoyar el proceso de modelado de las fases posteriores. De esta manera, una actividad de apoyo a considerar es la solicitud y estudio del organigrama funcional de la empresa. En base a este organigrama se establecerán los primeros contactos con las entidades internas y se establecerán las futuras reuniones, focalizándolas de acuerdo con la especialidad de cada entidad interna. Esto para cada nodo de la cadena de suministro bajo estudio. Dado que las entidades internas de la empresa pueden ser tanto entidades internas como entidades internas adicionales resultará de vital importancia definirlos con claridad y establecer el grado de participación de éstas. Así, se establecerá una primera reunión con las entidades internas más el equipo desarrollador con el objetivo de obtener los aspectos relevantes a considerar en el desarrollo del modelado de referencia conceptual. Además, en esta actividad el equipo desarrollador expone sus apreciaciones y conocimientos previos para plantear sus necesidades e ideas a desarrollar. Es importante que, a partir de cada reunión se genere un acta de reunión como prueba fidedigna de la realización de dichas reuniones. En base a estas actas se establecerá una comunicación mejor para la identificación adecuada de los requerimientos.

De esta forma, en base al organigrama y las reuniones iniciales de trabajo se identifican las entidades internas o *stakeholders* asociados al proyecto. Dado que el dominio que interesa estudiar y definir es el que se relaciona con los procesos colaborativos en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada, las entidades internas deberán estar relacionadas con las siguientes áreas: previsión, planificación, aprovisionamiento, producción, logística y sistemas de información. Además, es recomendable que en el equipo de trabajo sean consideradas entidades externas para apoyar los procesos de definición de requerimientos y las posteriores validaciones de los modelos. Esto motivado por el hecho de que pueden proporcionar mayor objetividad al análisis de resultados en Fases futuras.

- **Definición de objetivos y papel futuro del modelo conceptual**

En las reuniones realizadas, se definirán los objetivos y el papel futuro del modelado conceptual de los procesos, colaborativos en cadenas de suministro en base a aquellos acuerdos comunes alcanzados por el equipo de trabajo en el sentido de qué es lo que se espera del trabajo final. Los acuerdos comunes estarán relacionados con la obtención de una visión

común, los establecimientos de compromisos razonables, la obtención de motivaciones mutuas y los acuerdos de las políticas de gestión.

Algunos ejemplos de los objetivos y el papel futuro del modelado conceptual de los procesos colaborativos en cadenas de suministro se describen a continuación:

- Mejorar los indicadores de rendimiento de los procesos teniendo en cuenta una perspectiva descentralizada de colaboración, por ejemplo: nivel de servicio, niveles de inventario, utilización de la capacidad, nerviosismo de la demanda, costes totales, etc.
- Mejorar la funcionalidad y/o eficiencia computacional de los sistemas de información que soportan el proceso de ayuda a la toma de decisiones relacionadas con los flujos de productos, información y decisión.
- Incorporar la incertidumbre en los modelos y algoritmos en los que se basa el sistema de decisión de los procesos de planificación en la cadena de suministro.

5.3.2.1.2 FASE 2 ANALIZAR

Una vez establecida la visualización de la problemática o dominio de modelado, según las actividades desarrolladas en la Fase 1, es necesario llevar a cabo un análisis más detallado de la información relacionada con los procesos de negocio que podrán presentar una orientación colaborativa entre los nodos de la cadena de suministro. Esta información se relaciona con: documentos del sistema de calidad, documentos del sistema de información u otros proyectos anteriores. Para este análisis, se solicitará y revisará la información y documentación ya existente en la empresa. Las actividades asociadas a esta fase se presentan en la Figura 15.



Figura 15. Actividades para la recolección de la información.

Otra actividad complementaria es el estudio de las herramientas de modelado que podrían resultar útiles para la representación del modelo conceptual ya que, como se explica más adelante, la utilización de herramientas de modelado adecuadas facilitará la comprensión, la actualización, la transmisión y el mantenimiento de los modelos desarrollados para cubrir las diferentes vistas y perspectivas de los procesos colaborativos de la cadena de suministro.

- **Estudio Herramientas de Modelado**

Para la consecución del modelo conceptual de los procesos colaborativos en la cadena de suministro (de forma adicional a los lenguajes de modelado presentados en el Capítulo 3) se requiere seleccionar

herramientas que soporten el modelado de, por ejemplo, diagramas de flujo de procesos, diagramas de flujos de datos, diagramas de actividad, diagramas de interacción, diagramas IDEF (IDEF0, IDEF1, IDEF1X, IDEF2, IDEF3, IDEF4, IDEF5) y diagramas asociados al lenguaje unificado de modelado (UML) qué, como se analizó en la Tabla 1 y Figura 7, se seleccionan en base a la experiencia del equipo desarrollador. Estas herramientas se señalan a continuación.

- AIOWIN.
- Arena.
- ArgoUML.
- Bwise Toolkit.
- Enterprise Architect.
- Enterprise Dynamics.
- Extend.
- iGrafx process for six sigma.
- Microsoft VISIO.
- ModelMaker
- PowerDesigner.
- Powersim.
- ProModel.
- ProSim.
- QPR – Process Guide.
- SimProcess.
- Simul8.
- System Architect
- ShowFlow.
- Vensim.
- Witness.

Selección de la herramienta de modelado.

La Tabla 3 resume las herramientas de modelado estudiadas. Esta Tabla presenta las características de las herramientas en cuanto a:

- **Versión.** Se refiere a la actualización vigente de la herramienta que se ha estudiado.
- **Características principales.** Se comenta brevemente el propósito para el cual fue creada.

- **Diagrama de flujos de procesos.** Establece si la herramienta soporta (marcada con una X) o no este tipo de diagramas.
- **Diagrama de flujo de datos/información.** Establece si la herramienta soporta (marcada con una X) o no este tipo de diagramas.
- **Diagramas IDEF.** Establece si la herramienta soporta (marcada con una X) o no este tipo de diagramas. Principalmente diagramas IDEF0 e IDEF3.
- **Diagramas UML.** Establece si la herramienta soporta (marcada con una X) o no este tipo de diagramas.
- **Diseño gráfico.** Establece si soporta un diseño gráfico bueno, regular o malo en función de las capacidades de dibujo que posea.
- **Plataforma que soporta.** Se refiere al sistema operativo bajo el cual se puede ejecutar la herramienta.
- **Disponibilidad de licencia en centro de investigación.** Expresa si se dispone de una licencia, académica o profesional, para poder realizar los modelos. El estudio de las herramientas de las que no se dispone licencia, se ha hecho en base a las versiones gratuitas disponibles en cada sitio web (*web site*).
- **Web site.** Presenta la página web actual de la herramienta de modelado.

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Tabla 3. Resumen estudio de herramientas de apoyo al modelado (herramientas, y páginas web, disponibles al 01/11/2010).

Nombre herramienta	Versión	Características principales	Diagramas de flujos de procesos	Diagramas de flujos de datos/información	Diagramas IDEF	Diagramas UML	Diseño gráfico de apoyo al modelado conceptual (B) bueno/ (R) regular/ (M) malo	Plataformas que soporta	Disponibilidad de licencia en centro de investigación	Web site
AIOWIN	8	Ayuda a visualizar gráficamente los procesos de negocio facilitando la documentación de los mismos	X		X	X	R	Windows 98 Windows NT Windows 2000 Windows XP		http://www.kbsi.com/
Arena	11	Ayuda a la expresión gráfica de los procesos así como la simulación de los mismos.	X	X			B	Windows 98 Windows 2000 Windows XP	X	http://www.simulacionarena.com
ArgoUML	0.24	Soporte para diagramar los 9 tipos de diagramas UML 1.4 estándar		X		X	R	Independiente (Java 1.4)		http://argouml.tigris.org/
Bwise Toolkit	3.2	Apoya a medir y gestionar el riesgo de la empresa cumpliendo reglas como Sarbanes-Oxley, ISO-standards, European Corporate Governance Codes, etc.		X			M	No especifica		http://www.bwise.nl/bwise/

Nombre herramienta	Versión	Características principales	Diagramas de flujos de procesos	Diagramas de flujos de datos/información	Diagramas IDEF	Diagramas UML	Diseño gráfico de apoyo al modelado conceptual (B) bueno/ (R) regular/ (M) malo	Plataformas que soporta	Disponibilidad de licencia en centro de investigación	Web site
Enterprise Architect	6.5	Soporta diagramar 13 tipos de diagramas UML 2.1. Permite el control de versiones, generación de documentación, generación de código así como la ingeniería inversa a partir de diagramas.	X	X		X	R	Windows 98 SE, Windows Millennium, Windows NT® 4.0 with Service Pack 5, Windows 2000, Windows XP or Windows 2003		http://www.sparxsystems.com.au/ea.htm
Enterprise Dynamics	7.1	Soporta el modelado, la simulación, la visualización y el control de los procesos.	X				B	Windows 98 (Se), 2000 (Service Pack 3), XP (Service Pack 2) y NT4 (Service Pack 6).		http://incontrol.nl/
Extend	6.0.7	Es una herramienta flexible, extensible de la simulación. Puede ser utilizada para modelar cada aspecto de una organización en todos sus niveles.	X	B			B	Cualquier versión de Windows o Macintosh		http://www.imagnethatinc.com/
iGrafx process for six sigma	11.2	Apoya al desarrollo de modelos bajo técnicas de modelado como BPMN, diagramas de flujo, así como la simulación de éstos y el correspondiente análisis estadístico de los resultados obtenidos por medio de la interconexión con otras herramientas estadísticas como MINITAB.	X	X	X	X	B	Windows 98 Windows Me, Windows 2000 , Windows NT® 4.0 (SP6 o superior), Windows® XP	X	http://www.igrafx.com/

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Nombre herramienta	Versión	Características principales	Diagramas de flujos de procesos	Diagramas de flujos de datos/información	Diagramas IDEF	Diagramas UML	Diseño gráfico de apoyo al modelado conceptual (B) bueno/ (R) regular/ (M) malo	Plataformas que soporta	Disponibilidad de licencia en centro de investigación	Web site
Microsoft VISIO	11.32	Ayuda al diseño y la visualización de procesos, así como facilita la comunicación entre los mismos.	X	X	X	X	R	Windows 98 Windows Me, Windows 2000 , Windows NT® 4.0 (SP6 o superior), Windows® XP	X	http://office.microsoft.com/en-us/visio/FX100487861033.aspx
ModelMaker	9.1	Herramienta de apoyo al modelado UML 2.0 y su reingeniería hacia lenguajes como C y Pascal.	X	X		X	R	Windows 98 Windows Me, Windows 2000 , Windows NT® 4.0 (SP6 o superior), Windows® XP		http://www.modelmakertools.com/
PowerDesigner	12	Está orientada al modelado de procesos de negocio e interconecta las tecnologías de la información con los negocios de la empresa. También soporta el modelado y diseño de bases de datos que ayudan a la implementación de arquitecturas empresariales efectivas.	X	X		X	R	No especifica		http://www.sybase.com/products/modelingmetadata/powerdesigner
Powersim	7	Está orientada al diseño y la simulación de los procesos de negocio.	X				R	Windows 2000, Windows XP		http://www.powersim.no/

Nombre herramienta	Versión	Características principales	Diagramas de flujos de procesos	Diagramas de flujos de datos/información	Diagramas IDEF	Diagramas UML	Diseño gráfico de apoyo al modelado conceptual (B) bueno/ (R) regular/ (M) malo	Plataformas que soporta	Disponibilidad de licencia en centro de investigación	Web site
ProModel	6.22	Ayuda a la expresión gráfica de los procesos así como a la simulación de los mismos.	X				B	Windows 98 Windows Me, Windows 2000 , Windows NT® 4.0 (SP6 o superior), Windows® XP		www.promodel.com
ProSim	PROSIMPLUS	Está orientado a la ingeniería de procesos químicos en el contexto de la termodinámica, permitiendo el diseño, el cálculo y la simulación considerando los balances de masa asociados.	X				R	No especifica		http://www.prosim.net/english.html
QPR ProcessGuide	7.5	Ayuda al diseño y la visualización de los procesos, y facilita la comunicación entre los mismos.	X	X			R	Windows 2000 Windows XP Windows 2003 Mac OS 10.2 o superior (solo cliente web)		http://www.qpr.com
SimProcess	4.1	Es una herramienta de proceso jerárquica que integra la simulación de los procesos y el coste de éstos basado en una técnica ABC.	X				R	Windows NT 4.0, 2000, XP, Linux i386 Redhat 6.2 o superior		http://www.caci.com/asl/simprocess_platforms.shtml

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Nombre herramienta	Versión	Características principales	Diagramas de flujos de procesos	Diagramas de flujos de datos/información	Diagramas IDEF	Diagramas UML	Diseño gráfico de apoyo al modelado conceptual (B) bueno/ (R) regular/ (M) malo	Plataformas que soporta	Disponibilidad de licencia en centro de investigación	Web site
Simul8	Standar 2006	Está orientada a la simulación de procesos integrados.	X				R	Windows 95 Windows 98 Windows ME Windows NT4 Windows 2000 Windows XP Windows 2003		http://www.simul8.com/
System Architect	10.4	Apoya la construcción de arquitecturas empresariales, integrando completamente tanto el modelado como la documentación bajo las vistas de negocio, información, sistema y tecnología.	X	X			R	Windows 2000 Windows XP Windows 2003		http://www.telelogic.com/products/systemarchitect/index.cfm?campaigncode=005457-005124
ShowFlow	2006	Ayuda a la expresión gráfica de los procesos y a la simulación de los mismos.	X				B	Windows 95 Windows 98 Windows ME Windows 2000 Windows XP		http://www.showflow.es/
Vensim	5.6	Ayuda a la expresión gráfica de los procesos y a la simulación de los mismos.	X	X			B	Windows 95 Windows 98 Windows ME Windows 2000 Windows XP Power Macintosh 7	X	http://www.vensim.com
Witness	2003	Ayuda a la expresión gráfica de los procesos y a la simulación de los mismos.	X	X			R	Windows 95 Windows 98 Windows ME Windows 2000 Windows XP	X	http://www.lanner.com/en/simulation_professionals/witness_suite.php

De forma paralela entonces se llevarán a cabo actividades adicionales para apoyar al análisis del dominio de la cadena de suministro bajo una perspectiva colaborativa. Estas actividades se relacionan con la solicitud de información, la revisión de la documentación obtenida y el análisis de las herramientas de modelado con el objetivo de poder seleccionar la/s más adecuada/s.

- **Solicitud de información/documentación de la empresa**

Para la obtención de las primeras aproximaciones a los procesos colaborativos a modelar, es necesario visualizar la situación actual a partir de la información existente en los nodos de la cadena de suministro. Esto con el objetivo de fortalecer las actividades en aquellos puntos críticos que se logren detectar en este primer acercamiento con la información de la empresa. La solicitud de la información se realizará a las entidades internas previamente definidas por el equipo desarrollador. También los *stakeholders* podrán sugerir documentación para ser estudiada en función de las expectativas y logros a conseguir.

- **Estudio/revisión de la documentación de la empresa**

El proceso de estudio y revisión de la información, o documentación, de la empresa cumple el objetivo de filtrar los puntos críticos que apoyarán al proceso de modelado conceptual. Este estudio proporcionará un panorama general del dominio, el que será definido en fases posteriores. Por consiguiente, se obtendrá información que incluirá las consideraciones más importantes y que servirá como información inicial para el establecimiento de la comunicación entre la empresa y el equipo desarrollador, apoyando así el análisis del dominio, la documentación y el estudio de las herramientas de modelado

- **Estudio/documentación herramientas de modelado**

Otro aspecto importante a considerar en la fase de análisis es el estudio de las técnicas y herramientas que permitan, o faciliten, la representación del modelo conceptual a conseguir con esta metodología. Por lo que se debe hacer un estudio de las herramientas utilizadas en este enfoque de modelado (modelado conceptual). Finalmente, se genera un informe que incluya las características de cada herramienta, las ventajas y las limitaciones. Este informe facilitará la elección correcta de una herramienta. También, servirá como información posterior para la realización de futuros modelos conceptuales en entornos distintos en los que la herramienta a utilizar puede que cambie.

- **Selección de la herramienta de modelado**

En base a las características, ventajas y limitaciones de las herramientas para el modelado conceptual que se hayan encontrado, se seleccionará la herramienta que mejor apoye al proceso de modelado. Algunos de los criterios de elección a considerar son:

- Disponibilidad de licencias y precio de las mismas.
- Cumplimiento, y consideración, de estándares de modelado.

- Estabilidad bajo diferentes plataformas.
- Existencias de equipo de soporte especializado en la herramienta
- Integración con otras herramientas.
- Documentación del software.

5.3.2.1.3 FASE 3 CONCEPTUALIZAR

Una vez que se ha recolectado y estudiado la información correspondiente al entorno (empresa, entidades externas, cadena de suministro), es necesario definir de forma adecuada y precisa el dominio de modelado. Esto delimitará la frontera, o alcance, de la información que aún hace falta por recopilar y analizar.

La definición del dominio de modelado establecerá entonces los aspectos más importantes a profundizar. En este caso, el dominio de modelado serán los procesos colaborativos descentralizados en cadenas de suministro. Esta tercera Fase se compone de dos actividades importantes, como se ve en la Figura 16, la definición del dominio de modelado y la identificación de conceptos principales. A partir de la definición del dominio de modelado, y como se verá más adelante, se obtendrá la descripción y los detalles relacionados con las tres vistas principales para el modelo conceptual de los procesos colaborativos en la cadena de suministro. Estas vistas son las vinculadas con los flujos de productos, información y decisión.

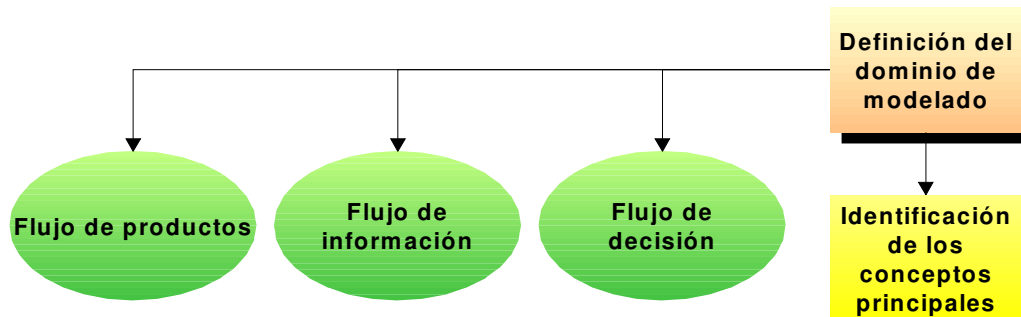


Figura 16. Actividades para la definición y conceptualización del dominio.

• Definición del dominio de modelado

Para la definición del dominio de modelado, en el contexto de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, es necesario considerar los flujos asociados a éste. Estos flujos son los de productos, información y decisión (ver Figura 17). De esta forma, los flujos de productos e información se presentan como transversales a los nodos y van en sentido contrario dada la configuración de la cadena de suministro que se considera. Esto quiere decir que en entornos colaborativos, los nodos se transmiten informaciones, por ejemplo de necesidades o pedidos planificados, y las respuestas serán los productos solicitados. Por otro lado, el flujo de decisión es perpendicular a los dos flujos ya mencionados. Esto es debido a que según sea la información que transmitan estos flujos, las decisiones podrán ser muy diversas. No obstante, es importante destacar que bajo una perspectiva

colaborativa y descentralizada, será cada nodo el que tomará sus propias decisiones teniendo en cuenta la información de los demás flujos. Las decisiones se vincularán, generalmente, a los procesos de planificación de la producción y el aprovisionamiento. La obtención de estos flujos tiene como idea principal la de poder identificar las entradas y salidas relacionadas con cada uno de los flujos. Esta identificación se logrará por medio de la realización de entrevistas planificadas orientadas a la obtención de los aspectos más relevantes de estos flujos. El resultado de estas entrevistas generará las especificaciones y definiciones correspondientes para cada uno de los flujos mencionados. El contenido de la información asociada a cada uno de los flujos se explica a continuación.

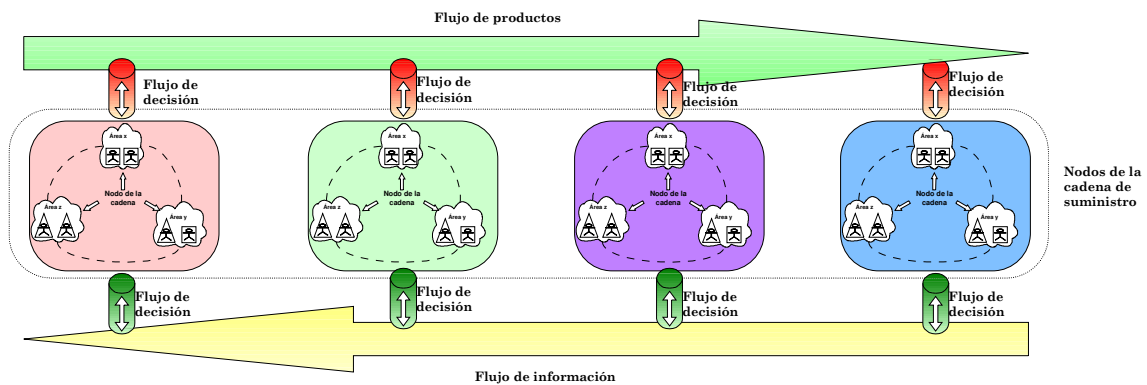


Figura 17. Definición del dominio de modelado.

- **Identificación de los conceptos principales para el modelado conceptual**

Para la generación del modelo conceptual de referencia asociado al dominio de colaboración en cadenas de suministro, es necesario considerar los conceptos principales asociados a la definición o descripción del entorno con tal de apoyar al modelado empresarial. Como ya se ha visto, estos conceptos estarán asociados a la identificación y definición de los flujos de productos, información y decisiones que se han explicado en las tres fases anteriores (visualizar, analizar y conceptualizar) de la metodología de modelado. De acuerdo con lo anterior, los conceptos principales detectados se resumen a continuación.

- **Metodología de modelado.** Establecer y seguir una metodología de modelado resulta crucial para no perder los objetivos planteados en las fases iniciales. También, ayudará a la detección temprana de errores así como a la definición correcta del dominio de modelado. Entre los conceptos principales se destacan: definición de fases para el modelado considerando técnicas de captura de requerimientos; definición del contexto y los objetivos del modelado conceptual; consideraciones estáticas y dinámicas del dominio; establecimiento de definiciones asociadas al dominio; desarrollos en fases iniciales de una alta calidad del modelado; utilización de técnicas y herramientas de modelado; establecimiento de documentos como medio de comunicación y validación con la empresa; y establecimiento del tipo de lenguaje de modelado. Todo lo anterior sustentado por fases que

establecerán el orden necesario para conceptualizar de manera adecuada el dominio.

- **Flujo de productos.** En el entorno establecido y estudiado, uno de los aspectos importantes identificados es el flujo de productos, muy relacionado con los procesos de transformación. Los conceptos principales detectados en este flujo son: descripción de los procesos de transformación, bloques constructivos, entradas y salidas, restricciones de los procesos de transformación, entidades relacionadas con el dominio, productos finales e intermedios, *secuencialidades* y paralelismos en los procesos, sub-procesos asociados, relaciones verticales y horizontales, indicadores de rendimiento, fuentes de incertidumbre, demanda de mercado, generación y seguimiento de órdenes y procesos automáticos.
- **Flujo de información.** A partir del flujo de productos se genera información relevante para los usuarios, quienes deben abordar los temas del entorno referidos al proceso de planificación en la cadena de suministro. Dado lo anterior, los conceptos principales detectados para este flujo son: entradas de información, transformación de la información, información proveniente de planes de producción que la empresa actualmente utilice, estructuras de datos para la gestión de la información, reglas de integridad para la gestión, almacenamiento y acceso a la información.
- **Flujo de decisiones.** Dados los flujos de productos e información asociada a éstos, las entidades internas (de acuerdo con sus requerimientos), en cada nodo, toman decisiones que afectarán a uno o más procesos del entorno. Estas decisiones se tomarán principalmente en base a la información que las entidades posean. Por lo que los conceptos principales, asociados al flujo de decisiones, se relacionan con las decisiones principales que se toman, las actividades asociadas a esas decisiones así como las entidades internas asociadas a dichas actividades. También, se consideran las restricciones, objetivos, variables e información que rigen a las actividades.
- **Puntos críticos del entorno.** A partir del estudio realizado, y por medio de las distintas validaciones a las que se van sometiendo los datos recopilados y modelados, es posible detectar posibles inconsistencias e identificar como éstas repercutirían en el sistema completo y por tanto en el dominio de modelado. En caso de que dichas inconsistencias trasciendan entre las diferentes actividades o bloques constructivos, se considerarán como críticas y se establecerán posibles mejoras. Estas se incorporarán al documento de propuestas de mejora ya explicado con anterioridad.
- **Herramientas de modelado.** Un factor importante, según se ha visto, es la elección adecuada de herramientas que soporten el

modelado empresarial. Es importante que la herramienta que se utilice de forma conceptual considere diferentes estándares de modelado, estabilidad bajo diferentes plataformas, integración y adaptabilidad a los diferentes requisitos que el modelado del dominio considere.

- **Documentación.** Todo el estudio de los conceptos principales será almacenado de una forma estructurada en distintos documentos que recopilen las características principales del modelado empresarial. De manera general, los documentos considerarán las entidades de la empresa (internas e internas adicionales) y las actividades con las que éstas se relacionan desde una perspectiva de flujos de productos, información y decisión. La documentación servirá como medio de comunicación entre los que conforman el equipo de trabajo.
- **Planificación.** Este proceso define y engloba el dominio de modelado, y considera, de forma general, la recopilación de planes de demanda para realizar las previsiones correspondientes, lo que se va a producir para un periodo determinado en función de las necesidades de los clientes y la minimización de los costes asociados a los planes de producción generados, y las órdenes de reaprovisionamiento o pedidos planificados. Conceptualmente, interesa recopilar la información referente a las entradas que requieren estos procesos, las salidas que se generan, los procesos y sub-procesos que se consideran, y las entidades internas que participan en cada nodo de la cadena. También, como se vio anteriormente, es posible considerar algún proceso automático que desarrolle alguna tarea repetitiva y de gran complejidad.

5.3.2.1.4 FASE 4 MODELAR

Esta fase considera las relaciones existentes entre los conceptos principales, detectados y definidos en los apartados anteriores. Además, estos conceptos se relacionan con el dominio de acuerdo con las perspectivas de productos, informaciones y decisiones consideradas para caracterizar el dominio de los procesos colaborativos en la cadena de suministro. Por lo que el modelado de estos conceptos principales generará como resultado el modelo conceptual de referencia para los procesos colaborativos en cadenas de suministro desde una perspectiva descentralizada, cuyos bloques constructivos se ven gráficamente interconectados en la Figura 18.

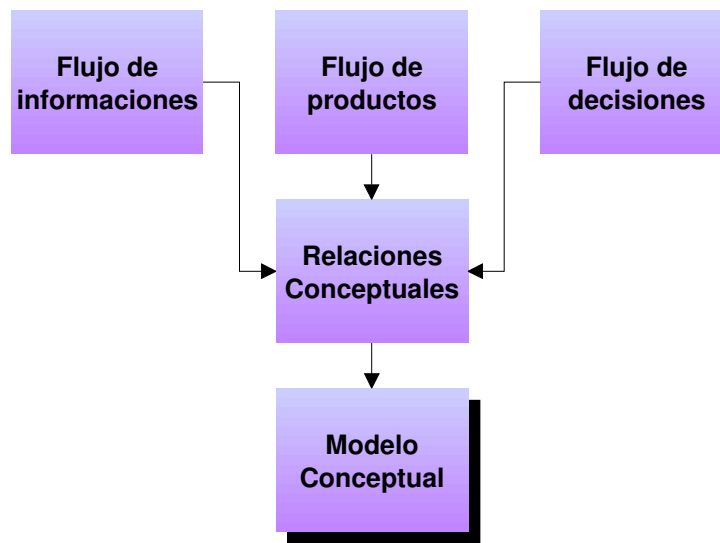


Figura 18. Actividades para el modelado conceptual.

- **Establecimiento de relaciones entre conceptos**

En función de la información asociada a los flujos de productos, información y decisión, se establecen las relaciones que existen entre los procesos, vinculados con la planificación, desde el punto de vista de productos, información y decisiones, para posteriormente establecer las relaciones entre éstos.

De acuerdo con los conceptos identificados en el apartado anterior, las relaciones existentes entre éstos se explican, en primer lugar, por cómo la metodología de modelado conceptual establece las identificaciones de los procesos. Esto por medio del estableciendo del orden en que se va recopilando la información y cómo el equipo desarrollador se sumerge más en el estudio del dominio. La metodología también se relaciona con las herramientas informáticas para el modelado, mediante el estudio e identificación de éstas, y con la actividad de puntos de mejora, por medio del establecimiento de reglas de mejora que se aplicarán a todo el proceso de modelado. Desde el punto de vista de la identificación de los flujos, se puede decir que el flujo de productos cumple con el objetivo de identificar las necesidades principales de los procesos de transformación para poder cumplir con los pedidos a tiempo, generándose así la necesidad de obtener información lo más real y en el menor tiempo posible para, posteriormente, comenzar con el proceso de toma de decisiones. Así, el flujo de productos genera la información para las entidades internas implicadas en la activación de los procesos de toma de decisiones. Los flujos de información y decisiones están relacionados para evitar inconsistencias. Estas inconsistencias se evitan mediante el establecimiento de reglas de comunicación que se sustentan a través de la utilización de restricciones. La definición de los flujos se verá apoyada por herramientas computacionales que soporten el dominio abordado. Los aspectos principales de estos flujos se incorporan en documentos que recopilan la información más relevante de los

flujos analizados. Ejemplos de las informaciones que se intercambian los nodos de la cadena de suministro para soportar los entornos y procesos colaborativos se encuentran en el Capítulo 2. El estudio e identificación del flujo de productos recogerá todos los aspectos relacionados con los procesos de transformación, entradas y salidas, etc. La información relacionada a con flujos de información recogerá todos los aspectos del flujo de información relacionados con los requerimientos de información, y si existe algún sistema de información que utilice alguna estructura de datos para soportar el almacenado y consulta de la información. Por otro lado, el flujo de decisiones considera todos los aspectos relacionados con las decisiones asociadas a las entidades internas involucradas en el dominio. En este flujo se aborda principalmente el qué se hace y quién lo hace. Por lo tanto, el conjunto de estas tres perspectivas en conjunto con el estudio de las herramientas y lenguajes de modelado correspondientes, soportarán las características principales del dominio representadas en modelo conceptual de referencia. Este modelo ayudará en la caracterización de los factores críticos del modelado e identificará los puntos de mejora a ser considerados. Una vez definidos y especificados los flujos, es posible resumir las relaciones principales entre éstos para el establecimiento del modelo conceptual de referencia. Estas relaciones deberán posibilitar la identificación clara de las entradas, salidas, procesos, sub-procesos y entidades de la cadena de suministro (internas e internas adicionales) relacionados con los procesos colaborativos de la cadena de suministro considerando cualquier tipo de topología. Por último, las herramientas de apoyo al modelado proporcionarán un soporte para el entendimiento del dominio pudiendo considerar aquellos procesos automáticos que si bien son activados por entidades internas, éstas no participan en estas actividades. Los procesos automáticos, en caso de existir en el dominio, son de vital importancia para el modelado conceptual pues en caso de proponer mejoras (a partir del modelo conceptual), o alguna optimización, no es necesario intervenir o modificar la filosofía de trabajo de la empresa, sino que solamente se interviene a nivel de generación de datos que serán de utilidad para la empresa.

5.3.2.1.5 FASE 5 VALIDAR

El modelo conceptual generado para proporcionar un mejor entendimiento del dominio de planificación en cuanto a la identificación de sus entradas y salidas, procesos, entidades empresa, actividades, debe someterse a revisiones por parte de la empresa. Adicional a las revisiones que el equipo de desarrollo vaya realizando al modelo, la empresa y por consiguiente el equipo de trabajo debe validar que lo que se haya hecho esté acorde con los conocimientos de la empresa. Esta fase considera la aprobación o rechazo del modelo conceptual por parte del equipo de trabajo. Así, a través de las definiciones de los flujos, los nodos podrán ver y entender los factores que se han tenido en cuenta para el modelado conceptual y cómo éstos han sido interpretados.

- **Validación**

La validación del modelo conceptual detecta aquellas inconsistencias en la representación conceptual del dominio. En caso de detectar errores, la Fase C se encargará de la corrección de éstos. A partir de estas correcciones se comenzará la revisión desde la etapa de identificación de los conceptos principales en adelante, siendo la idea principal ir buscando paso a paso los posibles orígenes de los errores para así poder evitar nuevas búsquedas futuras de errores, considerando que la búsqueda, detección y corrección es siempre una labor muy costosa en cuanto a al tiempo adicional que se invierte.

5.3.2.1.6 FASE 6 PROPONER

Las Fase 6 es la última correspondiente al ciclo de modelado conceptual de la metodología de modelado e intenta generar propuestas de mejora a partir del modelado conceptual conseguido en la fase anterior. Una de las técnicas principales en la que se centra esta fase es en la de “tormenta de ideas”, o *brainstorming*, donde los integrantes del equipo de trabajo (a partir de la experiencia obtenida durante el desarrollo de la metodología para la consecución del modelo conceptual de referencia, incluyendo aquellos factores relevantes que se hayan detectado durante las entrevistas a las entidades internas) podrán aportar sus ideas en caso de querer experimentar con el modelo. Así, en esta fase se conseguirán diferentes propuestas de mejora que pueden abarcar las problemáticas, o modelado del entorno, desde diferentes perspectivas. Estas propuestas incluyen los factores relevantes en relación con los flujos de productos, información y decisión, así como de las herramientas y lenguajes de modelado y del propio desarrollo del modelo conceptual de referencia para los procesos colaborativos en cadenas de suministro.

- **Propuestas de mejora**

Una vez que se ha validado el modelo, y por consiguiente que el equipo de trabajo considere que los conceptos, relaciones, entradas, salidas, actividades, procesos de transformación, información, decisiones, etc., se ajustan a los conocimientos que ellos poseen de forma global del entorno y dominio de modelado en estudio, se entiende que el modelo es válido. Con la validación del modelo será posible experimentar y establecer propuestas de mejora pudiendo en algunos casos modelar otros aspectos importantes no considerados en los objetivos y definiciones iniciales, o a partir del modelo conceptual de referencia otras técnicas de modelado pueden considerar aquellos parámetros que se consideren de utilidad para poder experimentar con ellos y plantear propuestas de mejora en base a la comparación de los resultados de acuerdo a resultados iniciales y finales. Por lo que, según la revisión conjunta (entre entidades de la cadena de suministro y el equipo desarrollador del modelo) de las definiciones generadas durante el desarrollo de la metodología, se podrían establecer parámetros de análisis que

consideren las perspectivas tanto de la empresa como de los modeladores. En este caso específico, las propuestas de mejora van en línea con los planteamientos colaborativos descentralizados para apoyar al modelado del procesos de planificación en cadenas de suministro.

5.3.2.1.7 FASE C CORREGIR

La Fase C, denominada fase de corrección, es aquella a la cual se recurrirá en caso que los errores ocurran debido a malas interpretaciones de la información, o por haber obtenido información escasa o errónea. Como se ha visto durante todo el documento, las detecciones tempranas de posibles errores en el modelado, y las aplicaciones de estándares de calidad, ayuda a evitar los costes asociados al tiempo de buscar, detectar y corregir errores en el modelo.

- **Correcciones**

La metodología plantea que siempre es necesario revisar al finalizar cada fase. Estas revisiones se logran por medio de las definiciones de los flujos de productos, información y decisión asociados a la metodología, pues son éstos los que actuarán como canal de comunicación entre los integrantes del equipo de trabajo, quien en caso de encontrar errores los corregirá. No obstante, independiente de la constante revisión a la que se somete el proceso de elaboración del modelo conceptual, se consideran dos hitos importantes en la fase de corrección. Estos hitos se relacionan con:

- **Correcciones relacionadas con la solicitud de información.** En este caso (ver Figura 19), una vez estudiada la información proporcionada por la empresa obtenida en la Fase 2 (análisis) y en caso de detectar elementos faltantes, o errores en la información, será necesario generar un listado que refleje esto y así poder efectuar un adecuado análisis de la información. Las correcciones en función de la nueva información proporcionada por la empresa, propiciarán el aprendizaje por parte del equipo desarrollador, lo que facilitará la tarea de detectar los factores críticos para la mejora de los procesos y el enriquecimiento del futuro modelo conceptual. Detectar los errores en la fase de análisis reducirá los tiempos y costes asociados a las correcciones del modelo. Como se vio anteriormente, no detectar errores en las fases tempranas del modelado y la corrección de éstos errores podría implicar costes de crecimiento exponencial.

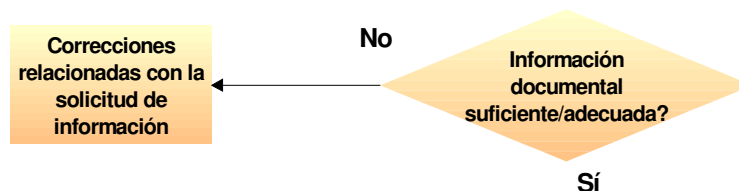


Figura 19. Correcciones debidas a la documentación solicitada.

Correcciones relacionadas con la definición y elaboración del modelo. Una vez que el modelo conceptual haya sido concluido, es necesario obtener el visto bueno por parte de del equipo de trabajo. En

primer lugar el de las entidades internas involucradas en los procesos estudiados y luego el de las entidades externas que, en base a su conocimiento del proceso de negocio, pueden emitir opiniones que sean útiles para establecer posibles mejoras del modelo. En función de la apreciación de las entidades de la empresa, es posible que se detecten errores que vayan más allá de problemas de representación, estos errores podrían estar vinculados a la consideración de definiciones erróneas (ver Figura 20).

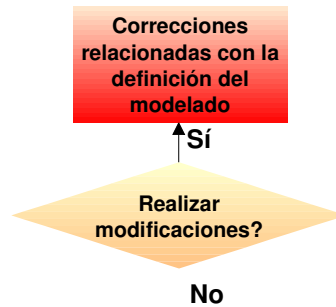


Figura 20. Correcciones en función del modelo generado.

Esto conllevaría a volver a la etapa de definición para comprobar, paso a paso, los posibles errores que vayan existiendo e ir corrigiéndolos para llegar a un modelo final que considere dichas apreciaciones de la empresa. A partir de estas correcciones se genera un proceso de aprendizaje que beneficiará a la correcta elaboración del modelo conceptual, con lo que se podrán generar nuevos puntos de mejora y encontrar factores críticos para análisis futuros.

5.3.2.2 MODELO CONCEPTUAL DE REFERENCIA PARA LOS PROCESOS COLABORATIVOS EN CADENAS DE SUMINISTRO

Una vez aplicadas varias formas de modelado, en los distintos procesos productivos de una empresa, y visualizando los diferentes conceptos presentes y como éstos se relacionan, de acuerdo con el dominio establecido, es posible establecer ciertas generalidades que se pueden considerar para diversas entidades en las diferentes topologías de cadena de suministro y que consideren este dominio. Esto dará paso a los denominados modelos de referencia, que en este caso, dado que el dominio de análisis son los procesos colaborativos descentralizados en la cadena de suministro y los conceptos que ésta considera, se obtendrá un modelo conceptual de referencia para los procesos colaborativos, pudiendo a *posteriori* otras entidades, que consideren el mismo dominio de modelado, utilizar dichos conocimientos para, modelar, analizar, mejorar y/u optimizar sus procesos. En base a las especificaciones desarrolladas en las fases anteriores, se definirá el modelo conceptual de referencia. Este modelo establecerá las entradas, salidas, procesos asociados, así como las entidades internas involucradas en el entorno considerado. De esta forma los bloques conceptuales y su relación con el *Framework* Zachman (ver Tabla 5), según lo visto en las diferentes fases de la metodología del modelado conceptual de referencia, que soportarán los procesos colaborativos en la cadena de suministro, bajo una perspectiva descentralizada se pueden resumir en: colaboración en la cadena de suministro, entradas y salidas, herramientas de modelado, identificación aspectos relevantes modelado conceptual, identificación de flujos, identificación puntos de mejora, identificación tipo de nodo, identificar y establecer relaciones, metodología modelado conceptual, modelado conceptual procesos colaborativos, personal/recursos físicos, planificación en la cadena de suministro, procesos y , sub-procesos, selección topología cadena de suministro, soporte al intercambio de información.

Tabla 4. Relación bloques conceptuales y *Framework Zachman*.

Bloques conceptuales	Dimensión 1, Objetivos/Alcance (contextual)						Dimensión 2, Modelo Empresarial (conceptual)					
	Datos (Qué)	Funciones (Cómo)	Red (Dónde)	Personas (Quiénes)	Tiempo (Cuándo)	Motivación (Por qué)	Datos (Qué)	Funciones (Cómo)	Red (Dónde)	Personas (Quiénes)	Tiempo (Cuándo)	Motivación (Por qué)
Colaboración en la cadena de suministro								X		X		
Entradas							X					
Herramientas de modelado							X	X				
Identificación aspectos relevantes modelado conceptual						X		X				
Identificación de Flujos								X	X	X	X	
Identificación puntos de mejora	X					X						X
Identificación tipo de nodo								X	X	X	X	
Identificar y establecer relaciones							X	X				X
Metodología modelado conceptual		X			X	X					X	
Modelado conceptual procesos colaborativos		X				X		X				X
Personal/recursos físicos										X		
Planificación en la cadena de suministro								X			X	
Procesos											X	
Salidas							X					
Selección topología cadena de suministro							X		X	X		
Soporte intercambio de información							X	X			X	
Sub-procesos											X	

En este sentido, de la Tabla 4 se observa que en relación con la dimensión contextual, la columna que cubre la mayor cantidad de bloques conceptuales es la relacionada con la motivación con un 24% y le sigue la columna de funciones con un 12%. Es decir que el modelado conceptual de referencia, en la dimensión contextual, aspectos como la motivación y las funciones que se deben visualizar son críticos. Así mismo, para el caso de la dimensión conceptual, la columna relacionada con las funciones es la que abarca más de la mitad de los bloques conceptuales con un 53%. Luego, el modelado de los datos y las personas se encuentran muy cercanas en cuanto a las coincidencias para apoyar al modelado conceptual de referencia para los procesos colaborativos, específicamente implican un 35% y 29%, respectivamente. De forma simplificada, el modelo conceptual genera las relaciones existentes entre los flujos de productos, información y decisión

adicionales que vale la pena incorporar al modelo conceptual de referencia, en relación con los conceptos principales identificados en el dominio de planificación en la cadena de suministro. La Figura 21 presenta de forma más detallada un modelo conceptual de referencia para el dominio de colaboración descentralizada en la cadena de suministro, teniendo en cuenta además los vínculos con las perspectivas de las dos primeras dimensiones del *Framework Zachman* que dan cuenta de la vista conceptual de la arquitectura.

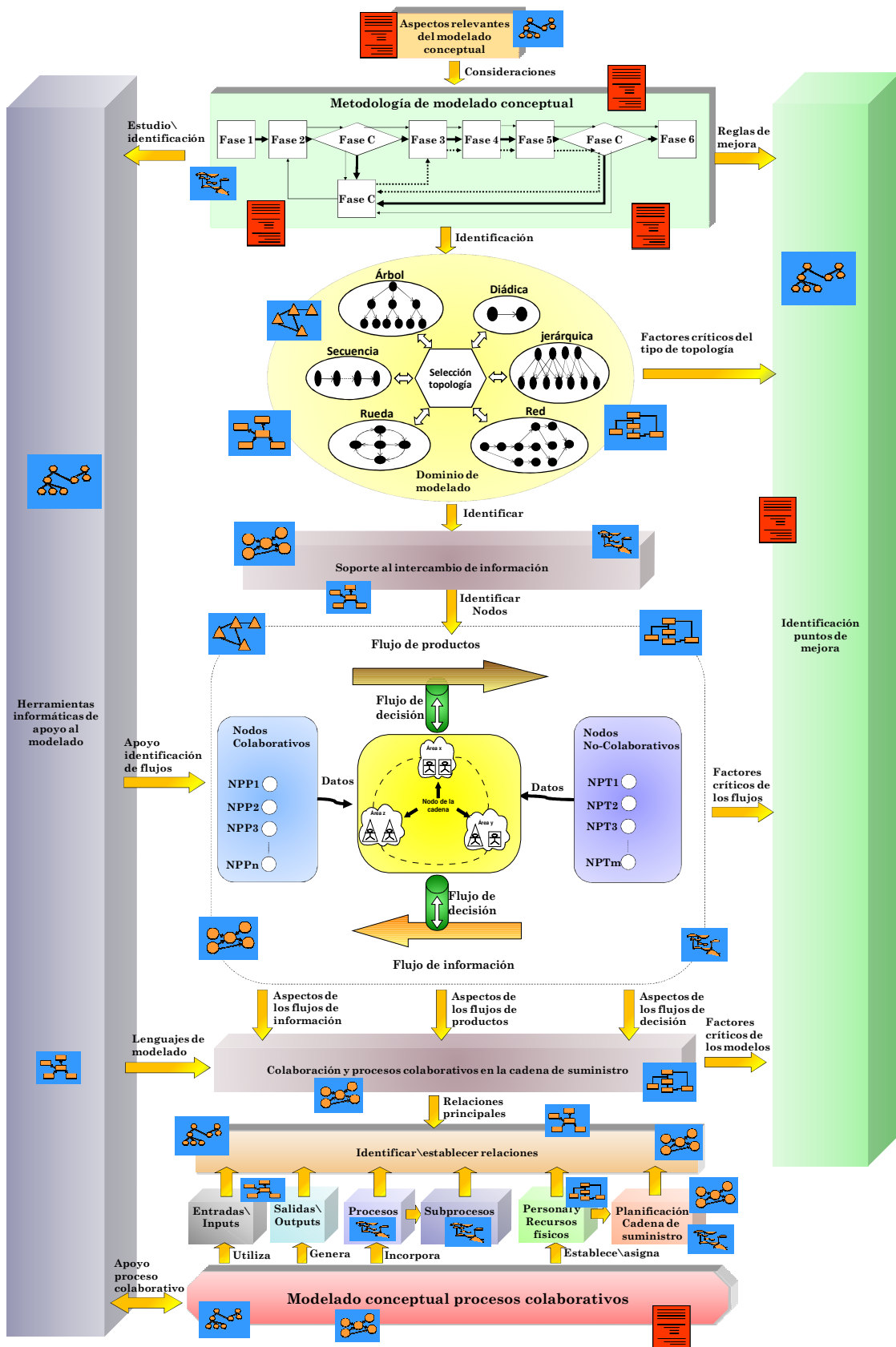


Figura 21. Modelo de referencia conceptual para el modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro en un contexto descentralizado desde la perspectiva del Framework Zachman. (Fuente: Adaptación Hernández et al. (2008)).

De esta manera, la Figura 21 presenta el modelo conceptual de referencia para apoyar el modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro bajo el contexto descentralizado. El modelo conceptual considera como elementos principales la detección inicial de los elementos conceptuales principales/relevantes de apoyo al modelado conceptual en este contexto, la metodología que define los pasos y el orden a seguir para la elaboración del modelo conceptual de referencia, el estudio de las herramientas informáticas de apoyo a modelado y de los flujos respectivos, así como también la identificación de puntos de mejora y la identificación de las entidades relevantes para apoyar los procesos colaborativos en la cadena de suministro. Además de que cada elemento extiende su alcance original a la presente temática de estudio, de manera adicional se incorporan dos elementos nuevos que, de acuerdo al estudio de la bibliografía científica (Capítulo 2 y Capítulo 3), se consideran relevantes para apoyar la representación adecuada del modelo conceptual de referencia (ver Figura 22) como son la identificación de las entidades colaborativas y no-colaborativas. Estos dos elementos se relacionan con la identificación/estudio de las topologías de la cadena, lo que incorpora la identificación de los nodos correspondientes. Entre estos nodos se identifican las funciones para aquellos dispuestos a colaborar y aquellos que no se encuentran vinculados a los procesos colaborativos en la cadena de suministro. Para el caso del modelo conceptual de referencia propuesto se acepta la dualidad de estas funciones en los procesos colaborativos, es decir, que un nodo puede considerar de forma simultánea ambos tipos de funciones (tal como se vio en el Capítulo 2 y Capítulo 3, este hecho resulta escaso en la literatura científica, pues en la mayoría de los casos se tratan de forma separada y luego se coordinan). De esta manera, los nodos colaborativos se identifican por NPP_i , donde i es un valor entero que va desde 1 hasta n , y los no-colaborativos se identifican por NPT_j , donde j es un número entero que va desde 1 hasta m . Los casos posibles que acepta el modelo de referencia son: $n > m$, $n = m$ y/o $n < m$.

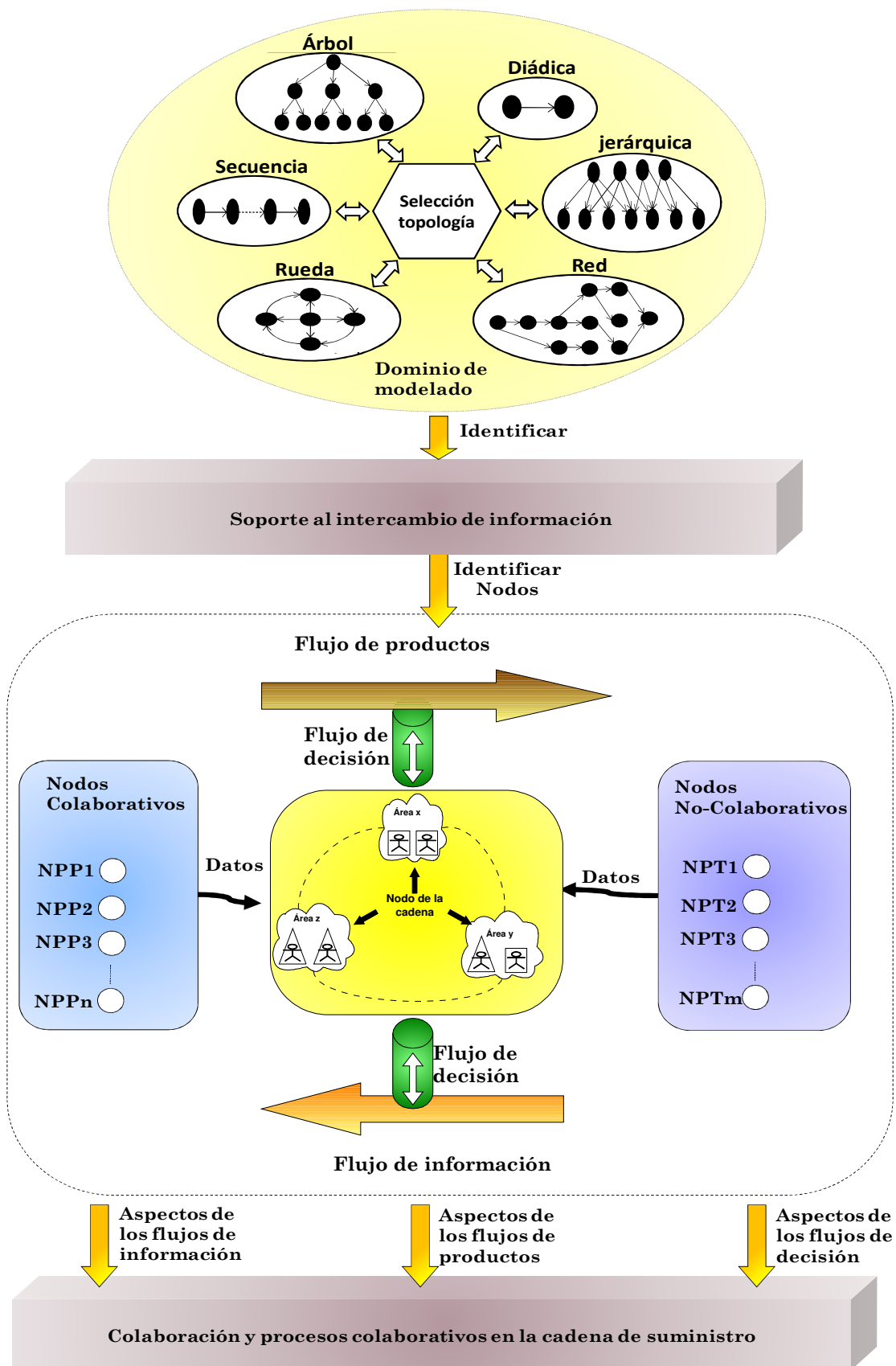


Figura 22. Perspectiva descentralizada del modelo conceptual de referencia.

De esta manera, la Figura 22 muestra que el desarrollo y estudio de los flujos será llevado a cabo por el nodo que se identifique como aquel que ha de llevar los procesos de planificación en la perspectiva colaborativa descentralizada. Así cada nodo desarrollará sus propios procesos y tomará sus propias decisiones en relación con estas tres perspectivas. Así, los nodos recibirán los datos (que posteriormente podrán ser considerados como información) de los nodos NPP_i y NPT_j . Con esto resulta sencillo asegurar que el proceso de recolección de información abarque ambas perspectivas de una manera descentralizada y por tanto, con el apoyo y la definición de las herramientas informáticas adecuadas se podrá establecer una cierta sincronización entre dicho flujo de datos. Finalmente, la última Fase de Proponer se aplica al modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro desde un punto de vista descentralizado de los flujos de información. Por lo tanto, en primer lugar, se propone un modelo conceptual de referencia, para luego extenderlo al proceso de planificación colaborativa en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada.

5.3.3 MODELO SISTEMA DE INFORMACIÓN (LÓGICO)

En relación con el nivel tecnológico del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, se presentan aquellos modelos relacionados a los datos y los flujos de información que soportan. Por lo tanto, de acuerdo con una vista UML de componentes, los elementos y las relaciones que definen esta vista de la arquitectura son los de motivación, flujo de datos, intercambio de información, lógica del sistema, roles de las entidades y procesos tal y como se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Componentes y sus relaciones para el modelo lógico del sistema de información.

Componente	Descripción	Entradas	Salidas
Motivación	Descripción de los requisitos y especificaciones para soportar el modelado del sistema de información que de soporte a los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	Objetivos estratégicos de la cadena y de cada nodo	- Requisitos. - Especificaciones - Representaciones
Flujo de Datos	Definición de los datos que los nodos consideran para soportar sus procesos de cadena de suministro y, por tanto, identificar las relaciones entre los nodos de la cadena para soportar el intercambio de datos en el contexto de la colaboración descentralizada.	- Relaciones entre las entidades o nodos. - Requisitos y especificaciones para el flujo de datos. - Información requerida en la secuencia y el paralelismo de los procesos.	- Relaciones de datos para apoyar el intercambio de información, lógica del sistema y el flujo de los procesos.
Intercambio de	Identificación y definición de	- Requisitos y	- Especificaciones

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Componente	Descripción	Entradas	Salidas
información	los flujos de información que soportan la colaboración en la cadena de suministro y, por tanto, el intercambio de información entre los nodos de la cadena para apoyar las actividades entre los diferentes niveles de decisión (estratégico, táctico y operativo).	<p>especificaciones del proceso de intercambio de información.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relaciones entre los datos necesarios para soportar la colaboración en la cadena de suministro. - Información intercambiada entre los diferentes procesos de la cadena. 	de los flujos de información existentes entre cada nodo y los requerimientos para soportar la colaboración en la cadena.
Lógica del sistema	Especifica las definiciones de la arquitectura técnica que soporta el intercambio de información entre los nodos de la cadena de suministro.	<ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones de los flujos de información. - Especificaciones de los datos requeridos por los nodos. - Requisitos. - Secuencia de ocurrencia de los procesos que soportan la colaboración en la cadena de suministro. 	- Soporte a los mecanismos de colaboración en los que se consideran los procesos y las entidades de la cadena.
Roles de las entidades	Definición de los roles que cada nodo puede considerar según su participación en los procesos de la cadena de suministros. En este sentido, los roles en la cadena podrán ser Cliente, Cliente/Proveedor y Proveedor, mientras que en la colaboración e intercambio de información podrán ser colaborativos y no-colaborativos.	<ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones para la asignación de roles. - Mecanismos para apoyar la lógica de la interacción entre las entidades. 	- Relaciones entre las entidades para apoyar los procesos colaborativos y el flujo de datos entre ellos.

Componente	Descripción	Entradas	Salidas
Procesos	Especificación de los estados en los que las entidades se pueden encontrar, así como los mecanismos de transición para pasar de un estado a otro, como por ejemplo las condiciones que lleven de un estado de recepción a la generación de requerimientos. En base a esto se definirá la dinámica de los procesos para soportar la colaboración en la cadena de suministro.	<ul style="list-style-type: none"> - Relaciones entre las entidades. - Mecanismos de colaboración asociados a los procesos de la cadena de suministro. - Especificaciones para la definición de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Secuencia de los procesos para soportar la colaboración en los flujos de procesos de la cadena de suministro.

De esta forma, los componentes identificados para esta dimensión de la arquitectura según el *Framework Zachman* apoyan la identificación del sistema de información que actualmente se esté considerando en la cadena de suministro y en cada nodo, con lo cual resulta posible elaborar o adaptar los modelos al sistema de información. Con lo cual será posible obtener el esquema físico de los elementos (ver Figura 23) incluyendo, para cada uno de ellos, su descripción detallada, relaciones, actividades y requisitos, así como también los diversos productos, técnicas, prácticas, y entidades involucradas en el sistema y, por consiguiente, la colaboración en la cadena de suministro.

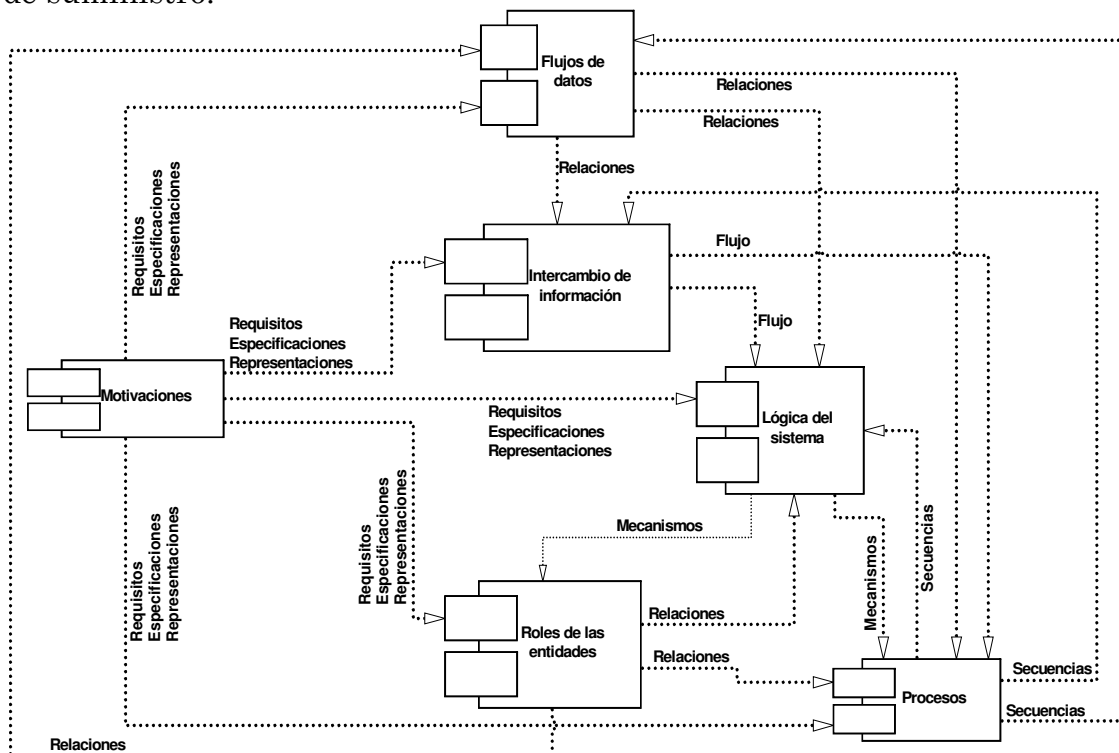
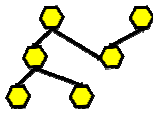


Figura 23. Modelo del sistema de información basado en el modelo UML de bloques.

A continuación los componentes de esta dimensión se explican de forma genérica en la siguiente sub-sección con el objetivo de ser utilizados en su aplicación al modelado de los procesos colaborativos de planificación en la sección 5.4.

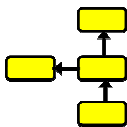
5.3.3.1 MOTIVACIONES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.



El modelo lógico del sistema de información persigue recolectar los requerimientos principales de los nodos de la cadena de suministro, así como el de la cadena completa. De esta forma, se permite soportar una perspectiva descentralizada, y distribuida, de colaboración en varios niveles de la cadena tanto de forma secuencial como paralela. Por tanto, las motivaciones se centran en cubrir aspectos como:

- **Diseño.** El diseño debe considerar que el entorno, así como los requerimientos de éste, es dinámico, por tanto el desarrollo de la arquitectura debe ser escalable, mantenible, modificable y consultable por los usuarios.
- **Implementación.** El modelado del sistema de información, así como cada componente, considera en sus especificaciones la información suficiente para su posterior implementación teniendo en cuenta los sistemas actuales existentes en cada nodo así como la incorporación de nuevos sistemas para, por ejemplo, facilitar la interoperabilidad entre los nodos de la cadena de suministro.
- **Soporte a los procesos colaborativos.** La interacción, comunicación y entendimiento (en base a acuerdos) es el pilar fundamental para soportar la colaboración entre los nodos de la cadena de suministro. De esta forma, los modelos asociados al sistema de información consideran que los nodos de la cadena de suministro podrán ser de diferentes tipos, principalmente del tipo colaborativo y no-colaborativo. Por lo que se tendrán en cuenta las entradas, salidas y procesamiento de datos según la característica del nodo.

5.3.3.2 FLUJO DE DATOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO QUE SOPORTAN LA PERSPECTIVA COLABORATIVA (DATOS – QUÉ)

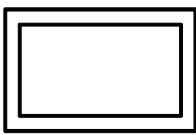

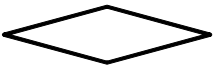




Para el desarrollo del flujo de datos, tal como visto en la vista de objetivos y alcance, se tienen en cuenta los tres tipos de roles (establecidos en esta propuesta de arquitectura) que un nodo de la cadena de suministro puede considerar (cliente, cliente-proveedor y proveedor). Por lo tanto, el flujo de datos comienza en función de los requerimientos que el nodo cliente genere a sus proveedores. Así, mientras cada proveedor responde a los requerimientos de los clientes, éstos serán los que evalúen las respuestas para ver si han de generar nuevos requerimientos o no a sus proveedores en el marco de colaboración descentralizada bajo la cual se soporta el flujo de

información entre los nodos de la cadena de suministro. Para esta perspectiva, se ha seleccionado la representación de entidad relación (Chen, 1976), el que se orienta al diseño conceptual de bases de datos. De esta manera, el diagrama de entidad-relación se presenta como un modelo de red que describe la distribución de los datos almacenados en el sistema de la forma más abstracta posible.

El modelo entidad relación, bajo el contexto de cadena de suministro, considera elementos destinados a proporcionar una representación de los datos e informaciones que se requieren para poder llevar a cabo los diferentes procesos colaborativos, teniendo en cuenta entidades, acciones, relaciones, atributos y conexiones (ver Tabla 6).

Tabla 6. Nomenclatura modelo entidad relación.

Simbolo	Descripción
	Entidad (nodo de la cadena de suministro)
	Acciones o procesos llevados a cabo por las entidades
	Relación que establece la acción bajo la cual las entidades se relacionan con otras
	Atributo de las entidades
	Conexión/cardinalidad

De esta forma, las entidades que participan en los procesos colaborativos son las que se vinculan con el flujo de información de la cadena de suministro, es decir, el nodo cliente, cliente/proveedor y proveedor (ver Figura 24). Los cuales pueden ser de tipo colaborativos como no-colaborativos. Así, para el caso de las entidades colaborativas, existirá un intercambio de información considerando un horizonte a largo plazo, pudiendo detectar problemas futuros, por ejemplo, en los pedidos y/o requerimientos que un nodo cliente le hace a su proveedor. Estos problemas futuros, se relacionan con la incapacidad del nodo para cumplir con cantidades determinadas en periodos específicos. Esto implica la generación de propuestas al nodo cliente quien, tras evaluarlas, decidirá generar nuevas solicitudes con condiciones diferentes o no para ver si el nodo proveedor puede resolver dichos problemas.

Por lo tanto, el modelo de datos del sistema lógico considera como actividades principales (ver Tabla 7) la generación de respuestas y requerimientos así como la evaluación de las mismas para soportar la colaboración entre los diferentes nodos. Se define el flujo de datos en la cadena de suministro que soporta la perspectiva colaborativa como el intercambio de información entre los nodos de modo que éstos, a su vez, van utilizando la información para mejorar, por ejemplo, sus procesos de planificación y, por tanto, las decisiones relacionadas con los procesos de la cadena. Este flujo de datos considerará, por tanto, características

colaborativas como no-colaborativas. Entendiéndose como flujo de datos colaborativo a aquel flujo en el que la información contenida está dispuesta de modo que resulta posible hacer modificaciones a los datos mediante algún proceso, o mecanismo, de ajuste establecido según las conveniencias de cada nodo y así como también entre ellos. Esto nodos podrán ser de tipo cliente (*C*), cliente/proveedor (*C/P*) y proveedor (*P*). Además, para los de tipo *C* y *C/P* se podrá considerar una perspectiva colaborativa como no-colaborativa, es decir podrán existir las modalidades *C-C* y *C-C/P* para el caso colaborativo además de *NC-C* y *NC-C/P* para el caso no-colaborativo.

Tabla 7. Características de los nodos y sus flujos de datos en la configuración colaborativa descentralizada de cadena de suministro.

Nodo	Atributo		Actividad				Dato/información		
	C	NC	Evalúa	Recibe	Genera	Obtiene	Información estado actual	Respuesta	Requerimiento
C	X		X	X	X	X	X	X	X
C		X		X	X			X	X
C/P	X		X	X	X	X		X	X
C/P		X		X	X			X	X
P				X	X			X	X

Esta conveniencia vendrá dada por los objetivos que cada nodo persiga, por lo cual la perspectiva descentralizada resulta ser una de las más idóneas para tener en cuenta dichos intereses. Por lo tanto, desde la perspectiva del flujo de datos en un entorno colaborativo de cadena de suministro, será importante tener en cuenta la consideración de mecanismos que soporten los modelos colaborativos bajo una perspectiva descentralizada, donde cada mecanismo, perteneciente a cada nodo de la cadena disponga de la capacidad de comunicarse con los demás nodos y, por tanto, con los demás mecanismos.

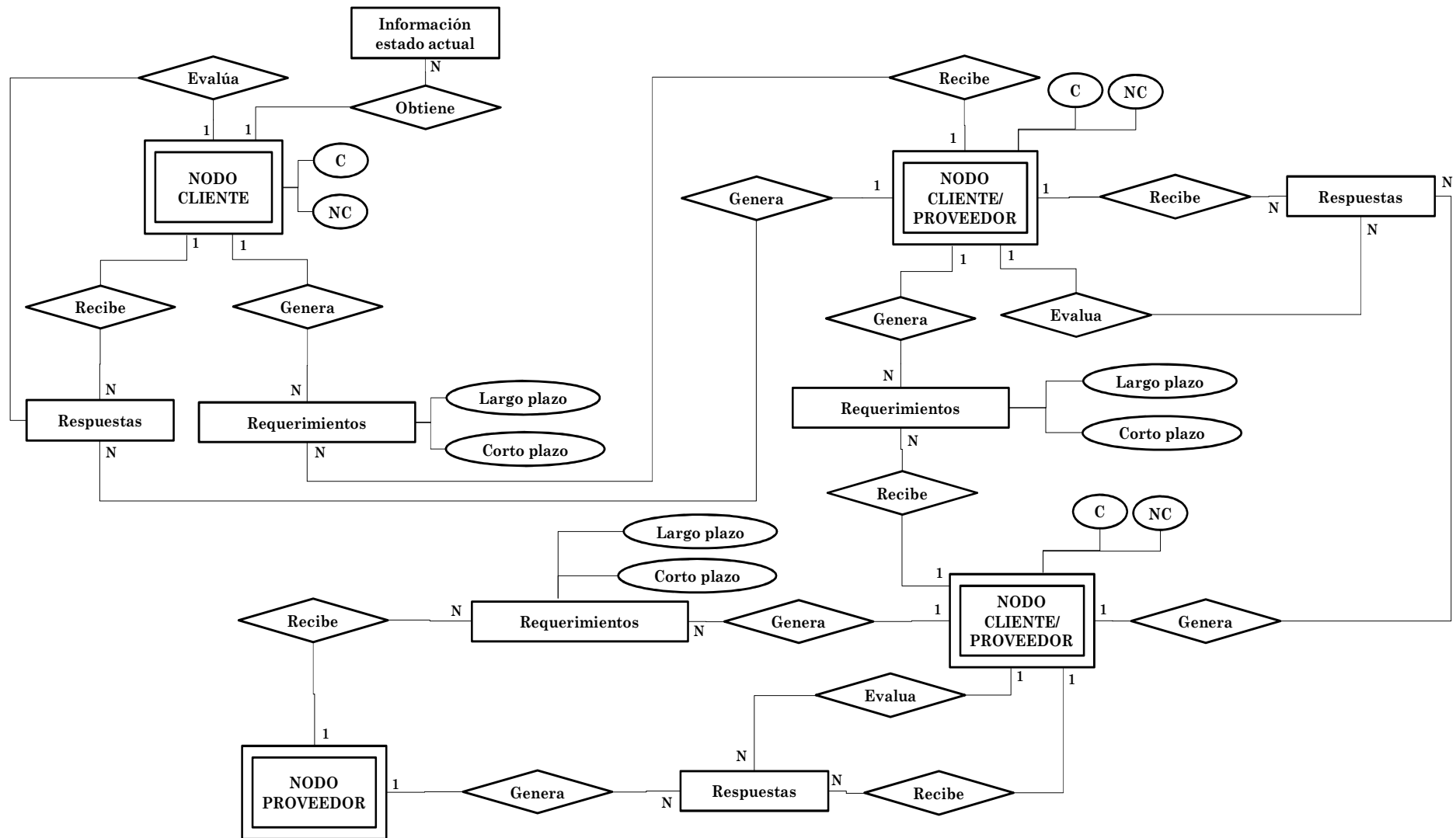
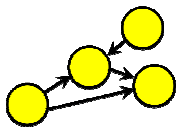


Figura 24. Modelo entidad relación para los procesos colaborativos en cadenas de suministro.

Así, el flujo de datos (según la Tabla 7) bajo una perspectiva colaborativa tendrá en cuenta el contenido de un flujo de mensajes que se suscitará entre los nodos según los procesos vayan ocurriendo. Estos contenidos, tal como visto en la Figura 24, consideran los procesos de solicitud y el envío de información, la recepción de información, la evaluación y la generación de respuestas. Así mismo, los procesos serán llevados a cabo por los diferentes nodos, que según sus características y ubicación en la cadena de suministro, podrán considerar características de cliente, cliente/proveedor o proveedor únicamente. Por lo que los modelos de flujos de datos, y por consiguiente de información, tendrán en cuenta estos hechos desde una perspectiva descentralizada, donde la colaboración estará soportada por el intercambio de datos que consideran una información a largo plazo para pre-visualizar las posibles dificultades en las solicitudes futuras y, por tanto, alimentar los mecanismos que den paso a soluciones colaborativas entre los diferentes nodos para cumplir con las solicitudes planteadas. También desde la perspectiva descentralizada de la colaboración, los nodos de tipo no colaborativos aportarán aquella información situada en horizontes de corto plazo, con lo cual sus requerimientos ayudarán a tener en cuenta aquella distorsión en el flujo de información a las que un nodo proveedor debe hacer frente desde un punto de vista genérico. Así, la siguiente sub-sección describe los flujos en relación con cómo se interconecta la información en la cadena de suministro para soportar los procesos colaborativos desde una perspectiva descentralizada.

5.3.3.3 CÓMO LA INFORMACIÓN SE CONECTA PARA SOPORTAR LA COLABORACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO (FUNCIONES - CÓMO)



Tal como adelantado en apartados anteriores, la colaboración en la cadena de suministro se soporta en base a que los nodos de la cadena intercambian información teniendo en cuenta un mayor o menor horizonte de información con el objetivo de apoyar al proceso de toma de decisión de los nodos. Respecto a los proveedores, éstos actúan como respondedores a las diferentes peticiones que reciben, por lo tanto su condición de colaborativo resulta irrelevante en este caso debido a que serán los clientes colaborativos los que ajusten, por ejemplo, sus planes para poder enviar requerimientos a sus proveedores con la finalidad de obtener respuestas que se ajusten a sus necesidades. De esta manera, teniendo en cuenta una perspectiva de notación de modelado de procesos de negocio (*business process modelling notation* o BPMN, **BPMN (2010)**) del modelado de procesos, el flujo de información vinculado a los mecanismos de conexión existente entre los nodos de la cadena de suministro bajo una perspectiva colaborativa se presenta en la Figura 25.

El flujo de información (o envío de mensajes) entre los diferentes nodos comienza primeramente, por la realización de previsiones en relación con los históricos de solicitudes que cada nodo ha recibido o realizado durante una cierta cantidad de tiempo.

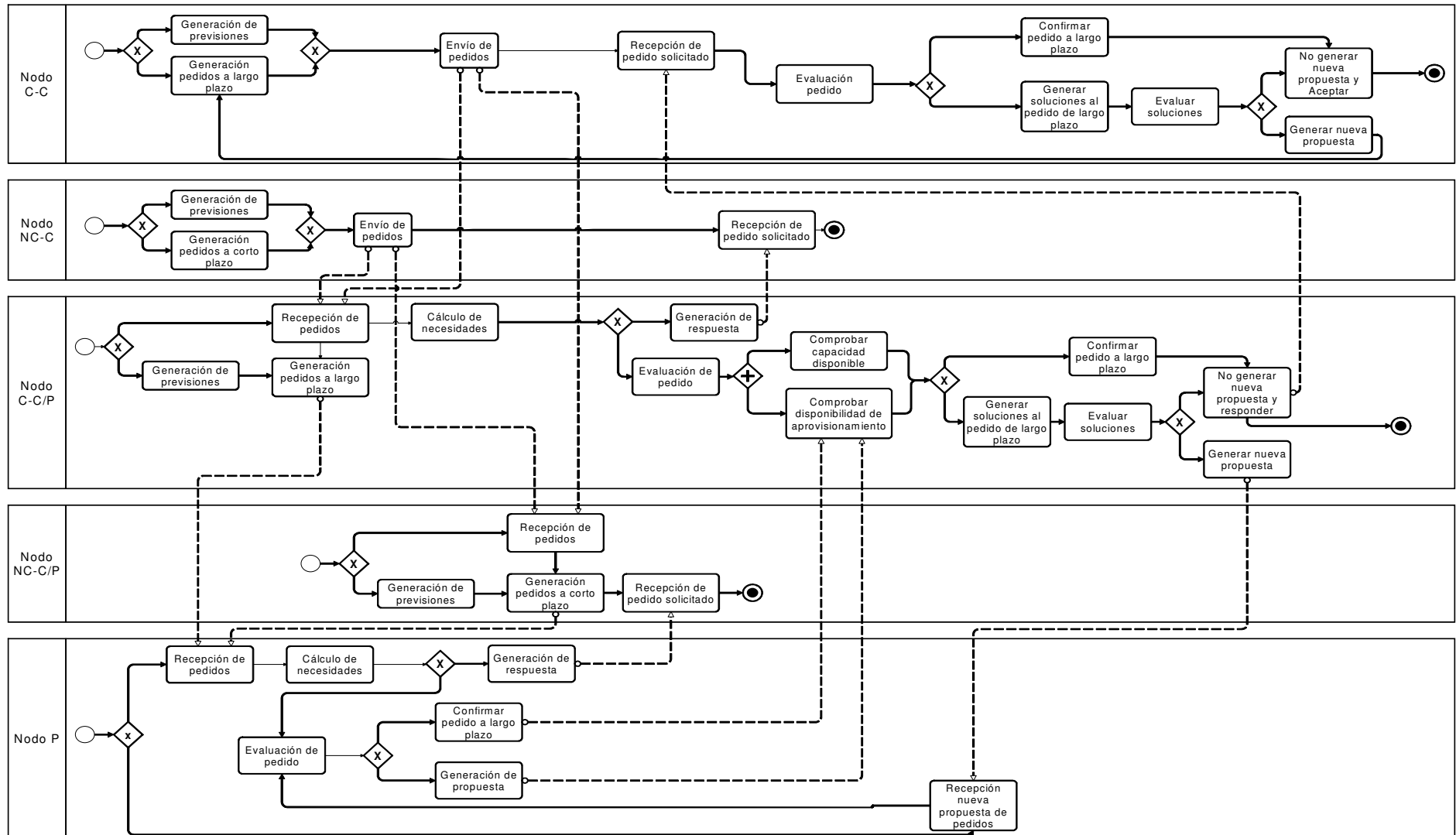


Figura 25. Diagrama de flujos BPMN para las funciones asociadas a los flujos de información de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Estos procesos de previsión, bajo una perspectiva colaborativa y descentralizada, se explican más adelante en la sección 5.4.2, debido que es uno de los procesos relevantes a tener en cuenta. De esta forma, se establece que la perspectiva descentralizada de la colaboración considera que cada nodo desarrolla sus procesos de toma de decisión en base a sus propios sistemas, repositorios y mecanismos, intercambiando solo aquella información para realizar solicitudes o para enviar respuestas. Cada nodo podrá considerar una serie de clientes así como una serie de proveedores, donde el flujo colaborativo estará circunscrito a la topología de cadena y, por tanto, el mecanismo de colaboración estará asociado a cada nodo. Seguidamente, las funciones asociadas al flujo de información, y por tanto al intercambio de mensajes entre los diferentes nodos se relacionan con las actividades de tipo: envío de pedido, recepción de pedidos, generación de pedidos a largo plazo y generación de respuesta, generación de nueva propuesta. Tal como se observa en el modelo, basado en BPMN de la Figura 25, la colaboración entre los nodos implica la consideración de la información a largo plazo con el objetivo de resolver conflicto, por ejemplo de capacidad, que impidan el fiel cumplimiento de las solicitudes. Esta colaboración descentralizada, al considerar que cada nodo procede con sus propios procesos de toma de decisión, plantea la utilización de mecanismos recursivos para poder soportar la retroalimentación de respuestas por parte del proveedor al cliente, esto debido a que solo se intercambiará aquella información de interés para el nodo, por ejemplo al nodo proveedor.

Adicionalmente, cabe destacar que la perspectiva colaborativa soporta el intercambio de información horizontal y vertical. Es posible hablar entonces de colaboración vertical y horizontal, siendo la primera aquella que se relaciona con flujos de información entre diferentes niveles de la cadena de suministro, por ejemplo, entre nodos clientes, cliente/proveedor o proveedor, mientras que la segunda se refiere a la colaboración de intercambio de información que existirá en un mismo nivel de la cadena, para la cual los flujos se relacionarán con las diferentes topologías de cadena a la que los agentes estarán circunscritos. Este tipo de colaboraciones, en el contexto de los flujos de información, tendrá por tanto sus ventajas y desventajas en el modelado de los procesos colaborativos. Así, por ejemplo, tal como plantean **Rogers y Lindley (2004)**, la colaboración de tipo horizontal resulta más sencilla de modelar dado que se tienen en cuenta los diferentes roles de la organización y cómo éstos se comunican e intercambian ideas, mientras que la colaboración vertical resulta más compleja en cuanto a su modelado y tratamiento debido a que trasciende, en lo común, más allá de las organizaciones y, por tanto, se producen conflictos de intereses producto de tener los mismos objetivos. Así mismo, desde el punto de vista de cadena, la colaboración horizontal ocurrirá cuando nodos que se encuentran al mismo nivel, intercambian información para cooperar entre ellos y generar, por ejemplo, beneficios mayores. Mientras que la colaboración horizontal se relacionará con el intercambio de información a diferentes niveles para favorecer el flujo físico de productos e información

entre los nodos de la cadena con fines logísticos (**Prakash y Deshmukh, 2010**).

Por lo tanto, es posible distinguir como actividades relevantes (ver Tabla 8) de los procesos colaborativos en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada aquellos como: solicitud de pedidos, cálculo de necesidades, generación de respuestas, evaluación de respuestas y generación de propuestas. Estas actividades, desde un punto de vista genérico de la propuesta de arquitectura soportada por el *Framework Zachman*, cubren aspectos tanto horizontales y verticales de la colaboración en la cadena de suministro.

Tabla 8. Característica de los nodos y flujos de datos en la configuración colaborativa descentralizada de cadena de suministro.

Actividad	Flujo colaborativo			Soporte		Nodos cadena de suministro				
	Horizontal	Vertical	Recursivo	Entrada	Salida	C-C	NC-C	C-C/P	NC-C/P	P
Cálculo de necesidades	X				X			X		X
Comprobar capacidad de aprovisionamiento	X	X		X				X		
Comprobar capacidad disponible	X			X	X			X		
Confirmar pedido a largo plazo	X				X	X		X		X
Envío de pedidos	X	X			X	X	X			
Evaluar de pedido	X				X	X		X		
Evaluar soluciones	X				X	X		X		
Generación de previsiones	X				X	X	X	X	X	
Generación de pedidos a corto plazo	X				X		X		X	
Generación de pedidos a largo plazo	X	X	X		X	X		X		
Generar nueva propuesta	X	X	X		X	X		X		X
Generar respuesta		X			X			X		X
Generar soluciones al pedido de largo plazo	X				X	X				
No generar nueva propuesta y aceptar	X		X		X	X		X		
Recepción de pedido		X		X					X	X
Recepción de pedido solicitado	X	X		X		X	X	X	X	
Recepción nueva propuesta de pedidos		X		X						X

Seguidamente, el vínculo que cada actividad tiene con los diferentes nodos de la cadena implica la definición de los comportamientos asociados a los procesos colaborativos. Una vista de esto lo expresa el diagrama de casos de uso de la Figura 26. En este sentido, es posible identificar cuatro categorías principales de las actividades con las que se relaciona cada nodo de la cadena: Tratamiento de respuestas, Generación de solicitudes, Generación de propuestas y Generación de respuestas.

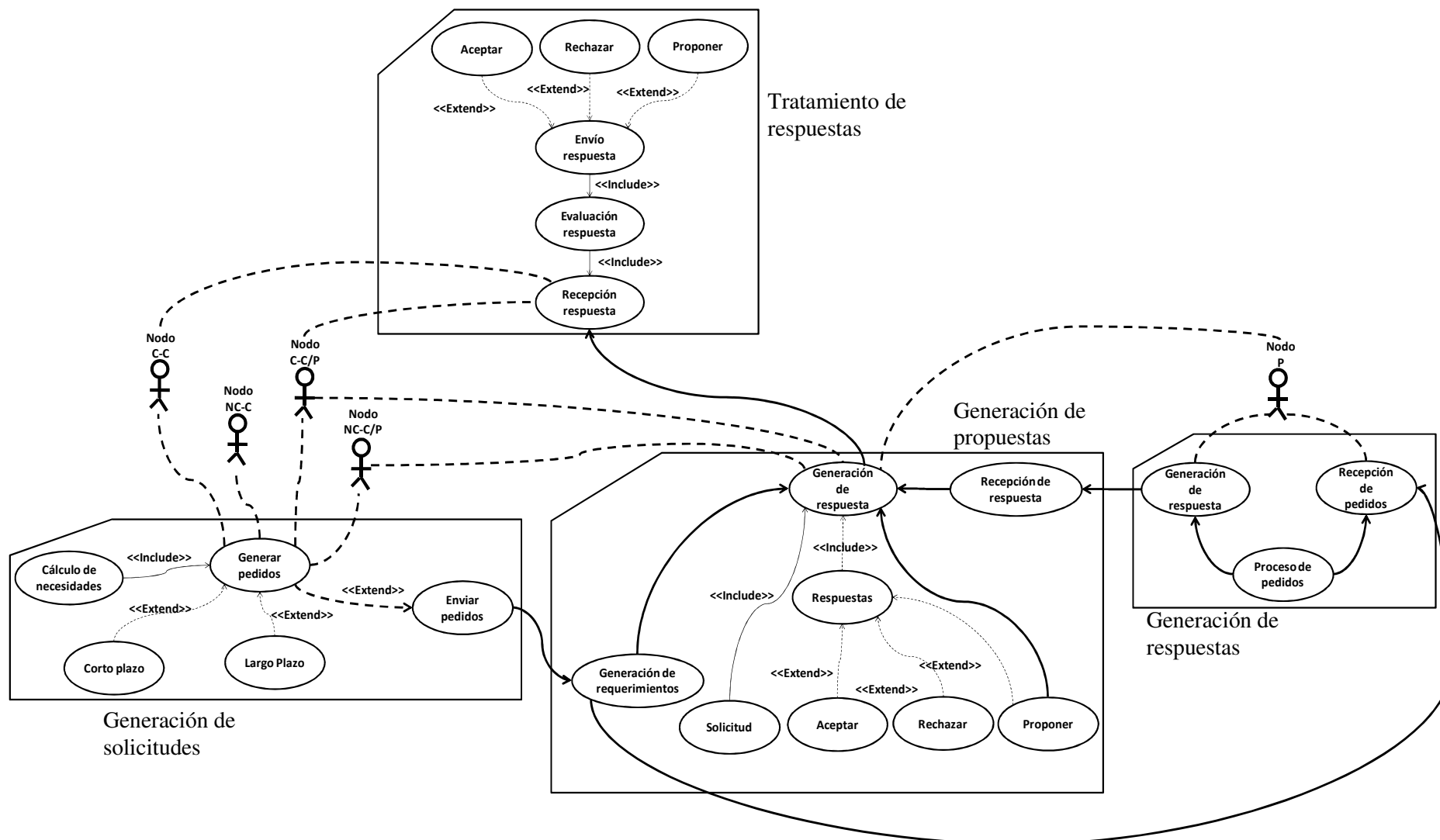


Figura 26. Modelo UML de casos de uso para los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Así cada una de las categorías engloba, de forma genérica, las características de los elementos vinculados a los flujos de información que la arquitectura debe considerar para soportar el flujo de información en entornos colaborativos de cadenas de suministro. Por lo tanto, el objetivo de cada categoría es agrupar aquellas actividades bajo las cuales los nodos se comunican y realizan sus procesos para soportar los flujos de información y, por tanto, los procesos colaborativos a los que se circunscriben. Estos se explican a continuación.

- **Generación de solicitudes.** Cada nodo que pertenezca al grupo de clientes, ya sea por su condición de *C* o *C/P*, generará solicitudes a sus proveedores para cubrir sus necesidades. Estas solicitudes, según la condición de cliente tipo colaborativo o no-colaborativo, incorporarán mayor o menor información que permitirá al proveedor responder y reaccionar frente a cambios abruptos en dichos pedidos. Por lo tanto, se involucran en este proceso los nodos tipo *C-C*, *NC-C*, *C-C/P* y *NC-C/P* que, para efectos de generar los pedidos, consideran casos de uso del tipo cálculo de necesidades (mecanismo de cálculo que se adapta a los requerimientos de cada nodo), corto plazo (respecto a la información que un cliente tipo no-colaborativo envía sus clientes), largo plazo (respecto a la información que un cliente tipo colaborativo envía a sus clientes, con lo cual es posible realizar modificaciones y ajustes con tal de llegar a algún acuerdo en caso de existir alguna dificultad por parte del proveedor, esto con el objetivo de satisfacer el pedido del cliente) y enviar pedidos (en relación con que el nodo cliente debe considerar los mecanismos de integridad suficientes para que el pedido se envíe de forma íntegra y coherente).
- **Generación de propuestas.** En este proceso se encuentran aquellos nodos que consideran la característica de proveedor, es decir *C-C/P*, *NC-C/P* y *P*. De esta manera, tras la recepción de una solicitud, el nodo proveedor podrá generar una serie de respuestas que, en caso de no ser favorables para el cliente, podrán pertenecer a la categoría de propuestas. Estas propuestas, que el nodo cliente evaluará con tal de buscar nuevas soluciones, existirán tras considerar una colaboración entre cliente y proveedor. Así, cada nodo cliente, al recibir las propuestas de sus proveedores, evaluará dichas propuestas con el objetivo de conseguir resultados favorables a sus solicitudes. Sin embargo, este proceso iterativo solo tendrá lugar en el caso de considerar una colaboración en el intercambio de información.
- **Generación de respuestas.** Las respuestas son generadas por los nodos que consideran una característica tipo proveedor. En relación a esto, las respuestas podrán ser de tres tipos. **Aceptar**, que ocurre cuando el proveedor es capaz de responder favorablemente a lo que el cliente le ha solicitado. **Rechazar**, para el caso en que el proveedor no es capaz de responder favorablemente al pedido que el cliente le ha enviado. Esto puede ocurrir por varias razones. Por un lado, el

hecho de que no existan acuerdos entre cliente y proveedor para que éste último le responda de forma favorable a los pedidos realizados. También, se puede deber a que el canal de comunicación entre clientes y proveedores no está soportado por mecanismos ontológicos de modo que se soporte el común entendimiento entre los flujos de información existentes y, finalmente, aun existiendo colaboración entre los nodos, es posible que el nodo proveedor detecte inconsistencias en los pedidos según los acuerdos inicialmente establecidos. Seguidamente, estará la opción de **proponer**, que ya se ha explicado anteriormente.

- **Tratamiento de respuestas:** Tras las diferentes respuestas que un nodo proveedor puede enviar, el nodo cliente evalúa dichas respuestas según sus criterios. En el contexto descentralizado de la colaboración en la cadena de suministro, los criterios de evaluación de los clientes son independientes entre cada nodo. Es decir, que cada nodo cliente evaluará las respuestas recibidas sin conocer más información en relación con nodos hermanos, padres y/o hijos. Solo tendrá a su disposición la respuesta que el nodo cliente le enviará y bajo la cual podrá valorar si aceptar, rechazar o volver a proponer.

Estas categorías, también entendidas como procesos, en el marco de los casos de uso que describen el bloque asociado a las funciones de la arquitectura para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro consideran, de forma adicional, información que permite dar cuenta de las entidades con las que se relacionan, sus objetivos y secuencias. Esto tiene que ver con las especificaciones de los casos de uso que se presentan en la Tabla 9. Las especificaciones se relacionan con los siguientes aspectos:

- **Categoría.** Clasifica en cada una de las cuatro categorías o procesos (generación de solicitudes, tratamiento de respuestas, generación de respuestas y generación de propuestas) el caso de uso.
- **Caso de Uso.** Informa de la actividad o acción, desde un punto de vista genérico, que cada nodo ejecuta o considera para generar el flujo de información entre los nodos de la cadena.
- **Actores involucrados.** Cada actividad o acción, según su funcionalidad se relacionará con diferentes tipos de nodos, también conocidos con el nombre de actores.
- **Objetivo.** Señala el objetivo del caso de uso indicado.
- **Descripción.** Describe las actividades asociadas a cada caso de uso.
- **Secuencia.** Señala la secuencia de actividades que cada caso de uso considera.

Tabla 9. Especificaciones Casos de Usos para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Categoría	Caso de Uso	Actores involucrados	Descripción	Secuencia
Tratamiento de respuestas	Aceptar		Permite establecer el contenido del mensaje como de aceptación tras la recepción de la respuesta a una solicitud y que servirá como información de entrada al caso de uso de envío de respuesta	1.- Recibir respuesta. 2.- Definir contenido de aceptación para la respuesta. 3.- Continuar con el proceso de colaboración.
	Rechazar		Permite establecer el contenido del mensaje como de rechazo tras la recepción de la respuesta a una solicitud y que servirá como información de entrada al caso de uso de envío de respuesta. En este caso, se dará por finalizado el proceso de intercambio de información.	1.- Recibir respuesta. 2.- Definir contenido de rechazo para la respuesta. 3.- Finalizar el proceso de colaboración.
	Proponer		Permite establecer el contenido del mensaje como de propuesta tras la recepción de la respuesta a una solicitud y que servirá como información de entrada al caso de uso de envío de respuesta. En este caso, el contenido del mensaje servirá como información de entrada para la evaluación o valoración de la nueva solicitud para de apoyar el proceso de colaboración entre las entidades.	1.- Recibir respuesta. 2.- Definir contenido de propuesta para la respuesta. 3.- Continuar con el proceso de colaboración.
	Envío respuesta		Obtiene el contenido del mensaje (aceptación, rechazo o propuesta) para generar el que se enviará al nodo receptor que corresponda, ya sea para finalizar el proceso de colaboración o para evaluar nuevas propuestas.	1.- Establecer el contenido al mensaje. 2.- Enviar mensaje.
	Evaluación respuesta		Este caso de uso permite la recepción y entendimiento del mensaje enviado. Tras la consideración de los parámetros de evaluación	1.- Recibir respuesta. 2.- Obtener el contenido de la respuesta. 3.- Evaluar el contenido.

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Categoría	Caso de Uso	Actores involucrados	Descripción	Secuencia
			propios del nodo, la respuesta es evaluada y para la generación de la respuesta, se le asigna un contenido que el nodo receptor pueda entender.	4.- Asignar un contenido a la respuesta del nodo receptor.
	Recepción respuesta	<i>C-C, C-C/P</i>	Activa el estado de espera de respuesta por parte del nodo receptor, con lo cual dicha recepción estará sujeta al entendimiento del contenido del mensaje y a tener asignado un repositorio para procesar las respuestas en espera generadas tras una solicitud.	1.- Recibir respuesta. 2.- Analizar contenido. 3.- Almacenar respuesta. 4.- Generar respuesta.
Gestión de soluciones	Cálculo de necesidades		En este caso de uso se definen los mecanismos bajo el cual el nodo que recibe las respuestas, por parte de sus clientes o proveedores, evalúa las respuestas con la finalidad de generar una nueva propuesta, rechazar o aceptar la misma. Cada nodo considera su propio mecanismo.	1.- Recibir solicitudes. 2.- Procesar solicitudes. 3.- Calcular necesidades. 4.- Enviar necesidades.
	Corto Plazo		En el caso de establecer una relación de tipo no-colaborativa con los proveedores, el nodo cliente considerará el intercambio de información a corto plazo. Esto quiere decir que no existirá un horizonte de planificación bajo el cual no se podrán realizar ajustes a pedidos futuros, sino que el error en los pedidos lo asumirá el propio cliente.	1.- Establecer el tipo de relación con los proveedores. 2.- Generar información con un horizonte de planificación a corto plazo. 3.- Enviar la información al proveedor.
	Largo Plazo		En el caso de establecer una relación de tipo colaborativa con los proveedores, el nodo cliente considerará el intercambio de información a largo plazo. Esto quiere decir que existirá un horizonte de planificación bajo el cual se podrán realizar ajustes a pedidos futuros.	1.- Establecer el tipo de relación con los proveedores. 2.- Generar información con un horizonte de planificación a largo plazo. 3.- Enviar la información al proveedor.

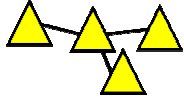
Categoría	Caso de Uso	Actores involucrados	Descripción	Secuencia
	Enviar pedidos		Tras la definición del tipo de información que se compartirá o enviará al nodo proveedor, este caso de uso define la relación entre la información y el contenido que el mensaje debe considerar.	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Definir el tipo de información. 2.- Definir el mensaje y el contenido de éste para el envío a los demás nodos.
	Generar pedidos	<i>C-C, NC-C, C-C/P, NC-C/P</i>	Los nodos participantes en los procesos colaborativos, tras definir sus necesidades e identificar la relación con sus clientes, envían los mensajes con la información asociada a los pedidos.	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Definir las necesidades. 2.- Establecer los requerimientos de la respuesta. 3.- Definir los mecanismos de cálculo de los requerimientos según la relación con el proveedor. 4.- Generar los mensajes con los pedidos a los proveedores. 5.- Envío de pedidos a los proveedores.
Generación de propuestas	Generación de requerimientos		El nodo tipo C/P o P, tras la recepción de un pedido por parte de sus clientes, debe generar los pedidos a sus proveedores respectivos. En este caso de uso se establecen los requerimientos para ser enviados a los clientes teniendo en cuenta los pedidos de los clientes vinculados.	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Definir las necesidades. 2.- Establecer los requerimientos de la respuesta. 3.- Definir los mecanismos de cálculo de los requerimientos según la relación con los proveedores.
	Solicitud		Este caso de uso soporta el envío de solicitudes a los proveedores tras la correspondiente generación de requerimientos.	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Establecimiento de los requerimientos. 2.- Generación de los mensajes con el contenido de solicitud. 3.- Envío de los mensajes.
	Aceptar		Este caso de uso define el contenido de aceptación de la propuesta.	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Recepción de la respuesta por parte del proveedor. 2.- Evaluación del contenido. 3.- Generar el mensaje de

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Categoría	Caso de Uso	Actores involucrados	Descripción	Secuencia
				aceptación. 4.- Envío de la respuesta.
	Rechazar		Este caso de uso define el contenido de rechazo de la propuesta.	1.- Recepción de la respuesta por parte del proveedor. 2.- Evaluación del contenido. 3.- Generar el mensaje de rechazo. 4.- Fin del proceso de colaboración.
	Proponer		Este caso de uso define el contenido de la propuesta.	1.- Recepción de la respuesta por parte del proveedor. 2.- Evaluación del contenido. 3.- Generar el mensaje de propuesta. 4.- Envío de la propuesta.
	Respuestas		Se establece el contenido de la respuesta al cliente respectivo que envió la solicitud bajo la cual se activa el proceso de colaboración entre los nodos de la cadena.	1.- Recibir la respuesta a la solicitud generada. 2.- Identificar los nodos para enviar los mensajes de respuesta. 3.- Enviar la respuesta.
	Recepción respuesta		Se activan los mecanismos para la recepción de las respuestas que consideran la evaluación del correcto entendimiento de la misma.	1.- Generar la solicitud. 2.- Enviar la solicitud. 3.- Recibir la respuesta.
	Generación de respuesta	<i>C-C/P, NC-C/P, P</i>	Envío de la respuesta a la solicitudes correspondientes tras la definición y actualización del contenido del mensaje vinculado a este proceso de solicitud.	1.- Recibir la respuesta del proveedor. 2.- Enviar la respuesta al cliente con el contenido en el mensaje que corresponda (aceptar, rechazar o proponer).
Generación de	Proceso de pedidos		En este caso de uso se consideran las actividades que	1.- Recibir las necesidades. 2.- Valorar las capacidades y los

Categoría	Caso de Uso	Actores involucrados	Descripción	Secuencia
respuestas			cada proveedor ha desarrollado en relación con las solicitudes de pedidos que realiza para poder cumplir con los pedidos de sus clientes.	niveles actuales. 3.- Realizar el pedido.
	Generación de respuesta	<i>P</i>	Una vez se ha recibido la solicitud por parte del nodo cliente, se generan los contenidos correspondientes para el envío del mensaje de la respuesta. Por lo que en este caso de uso se destacan las actividades para generar los mensajes teniendo en cuenta los diferentes contenidos (aceptar, rechazar o proponer).	1.- Recibir las solicitudes. 2.- Procesar el contenido del mensaje de la solicitud. 3.- Definir el contenido del mensaje de la respuesta. 4.- Enviar el mensaje de respuesta al nodo cliente correspondiente.
	Recepción de pedidos	<i>P</i>	Se prepara al nodo proveedor para la recepción de los pedidos para que el contenido del mensaje sea correctamente entendido y, en caso contrario, generar los mensajes de alertas para avisar que de algún contenido no ha sido generado adecuadamente o no se corresponde con el contexto del proceso colaborativo en el cual este nodo se circunscribe.	1.- Preparar el entorno para la recepción de los pedidos. 2.- Recibir la respuesta y valorar el contenido del mensaje.

5.3.3.4 REPRESENTACIÓN LÓGICA DEL SISTEMA PARA SOPORTAR LOS PROCESOS COLABORATIVOS (RED – DÓNDE)



A continuación se obtiene la representación lógica del sistema para soportar los procesos colaborativos. En este caso, se define un diagrama de clases (ver Figura 27) para tener en cuenta los aspectos de abstracción, herencia, polimorfismos y encapsulamiento (Schmuller, 2001), que permiten dar una visión generalizada de los diferentes niveles de abstracción que se ven relacionados con los procesos colaborativos en la cadena de suministro (el dominio de modelado). En este caso genérico, son los procesos que soportan y dan cuenta del flujo de información y los mecanismos que los nodos tienen en cuenta para establecer la colaboración entre ellos. Así, tal como establecido por Booch *et al.* (1999), las clases se definen como objetos que poseen propiedades y operaciones que se enmarcan tanto en un contexto como en un dominio teniendo en cuenta la información relacional en las herencias, operaciones y propiedades de éstos.

De esta manera, en el contexto del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada, las abstracciones se definen en tres niveles o capas. Estas capas se refieren a los comportamientos, ejecuciones y mensajes que los diferentes nodos, desde una perspectiva genérica, consideran para soportar el flujo de información en la cadena de suministro y, por tanto, apoyar tanto el modelado de la perspectiva estática de los nodos, es decir, las variables y los parámetros principales que consideran en sus entornos respectivos, así como la visión dinámica de ellos que vincula los comportamientos de éstos con las actividades principales que ejecutan para llevar a cabo los procesos colaborativos. Estas capas se explican a continuación.

- **Comportamientos.** Esta capa engloba los objetos bajo los cuales se definen las acciones principales de los nodos involucrados en los procesos. Es decir, se establecen los paquetes de acciones para los cuales un nodo de la cadena, teniendo en cuenta su condición de colaborativo o no-colaborativo, podrá ser de tipo cliente (*C*), cliente-proveedor (*C/P*) o proveedor (*P*), dado que esta clasificación adquiere relevancia para los condicionantes en los que las actividades de un nodo de la cadena pueden estar destinadas: solicitar, solicitar y responder o solamente responder, respectivamente. Por lo tanto, el objeto del comportamiento será establecer las normas bajo las cuales el o los nodos respectivos regirán sus acciones.
- **Ejecución.** La capa vinculada con las ejecuciones está relacionada con la definición de los objetos necesarios para soportar el flujo de información entre las diferentes acciones que los nodos de tipo, *C*, *C/P* y/o *P* intenten ejecutar. Para esto, cada nodo, desde una perspectiva del planteamiento descentralizado de la presente arquitectura y, por tanto, las instancias de los comportamientos

respectivos, invocará sus propios mecanismos (por ejemplo, para generar solicitudes a los proveedores o responder a los clientes respectivos) para soportar sus procesos de decisión en relación con los demás procesos bajos los cuales se encuentran circunscritos. Por lo tanto, en el contexto genérico de la definición de la capa de ejecución en función de los diferentes comportamientos, se establece además que los nodos consideran sus propios repositorios de información y, por tanto, accesos que les permiten generar una integridad propia en el acceso a la información, con lo cual se soporta un flujo de información concurrente entre ellos.

- **Mensajes.** En un tercer nivel se encuentra la capa que soporta los flujos de mensajes entre los nodos, por tanto, soporta la integridad de la cadena donde se suscitan los eventos. Los mensajes encapsulan los contenidos diversos bajos los cuales un nodo puede estar presente, ya sea en el envío de peticiones, la recepción de respuesta o la generación de respuestas (flujos ya señalados en la Figura 25 y la Figura 26). En este caso, para soportar la visión genérica de la definición de los mensajes y sus contenidos, **FIPA (2010)** establece una serie de parámetros (ver Tabla 10) que se enmarcan en su protocolo *FIPA-ACL 000061*, estos se han considerado para la definición de la estructura de mensajes genéricos de esta arquitectura por su característica estándar en la definición de los mensajes y las reglas para soportar la comunicación entre las entidades.

Tabla 10. Especificaciones estándar FIPA-ACL para soporte de mensajes (adaptado de **FIPA (2010)**).

Tipo de Mensaje	Parámetro FIPA-ACL	Categoría
Acción que se realiza	<i>performative</i>	Actos de comunicación
Emisor del contenido	<i>sender</i>	Participante en la comunicación
Receptor del contenido	<i>receiver</i>	Participante en la comunicación
Dirección de respuesta	<i>reply-to</i>	Participante en la comunicación
Información del mensaje	<i>content</i>	Contenido del mensaje
Expresiones válidas	<i>language</i>	Descripción del contenido
Cifrado del mensaje	<i>encoding</i>	Descripción del contenido
Definiciones	<i>ontology</i>	Descripción del contenido
Reglas de interacción	<i>protocol</i>	Control de la conversación
Secuencia de mensajes	<i>conversation-id</i>	Control de la conversación
Identificar emisor	<i>reply-with</i>	Control de la conversación
Identificar receptor	<i>in-reply-to</i>	Control de la conversación
Identificar contenido	<i>reply-by</i>	Control de la conversación

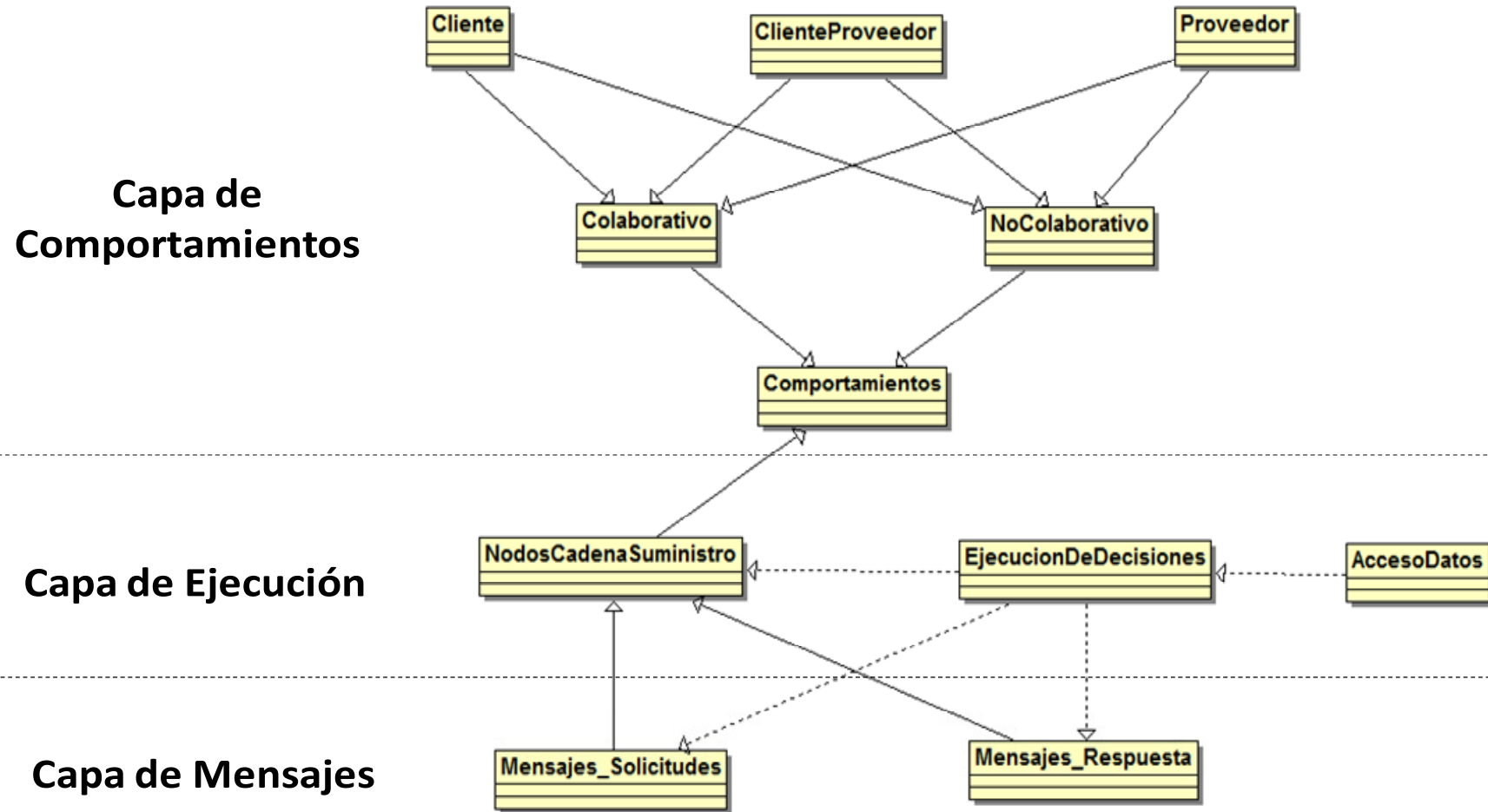


Figura 27. Arquitectura del sistema según el modelo de clases UML para soportar los objetos del dominio de modelado.

Por tanto, el modelo de clases (Figura 27) vinculado a la definición de los aspectos lógicos del flujo de información (Tabla 11) considera que los nodos, dependiendo de sus características, o roles, tendrán un sentido u otro, lo cual está controlado por la definición de los protocolos de comunicación FIPA, que son utilizados en la presente arquitectura para soportar el modelado y la posterior implementación de la colaboración en la cadena de suministro.

Tabla 11. Flujos de información asociados a los objetos de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

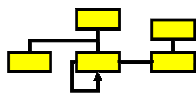
Capa	Objeto	Objeto que soporta	Actividades o métodos
Comportamiento	Cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Colaborativo. • No-Colaborativo 	Definir las solicitudes a los nodos tipo proveedor y esperar la respuesta. Tras recibir las respuestas, evalúa la generación de nuevas propuestas.
	Cliente-Proveedor	<ul style="list-style-type: none"> • Colaborativo. • No-Colaborativo 	Recibir las solicitudes de sus clientes para, previamente generar las respuestas correspondientes, realizar solicitudes a sus propios proveedores y esperar las respuestas por parte de ellos y evaluar si generar nuevas propuestas.
	Proveedor	<ul style="list-style-type: none"> • Colaborativo. • No-Colaborativo 	Esperar la solicitud de sus clientes y generar las respuestas correspondientes
	Colaborativo	Comportamientos	Establecer la

Capa	Objeto	Objeto que soporta	Actividades o métodos
			información a largo plazo que se va a transmitir, y evaluar las respuestas para generar los procesos iterativos de la solución entre los nodos.
	No-colaborativo	Comportamientos	Enviar los pedidos y recibir las respuestas sin evaluar las propuestas futuras.
	Comportamientos	-	Instancias vinculadas a los nodos que dan lugar a los procesos y las decisiones de cada una de éstas.
Ejecución	NodosCadenasuministro	Comportamientos	Instancias de los comportamientos para establecer los ciclos de los procesos colaborativos.
	EjecuciónDeDecisiones	<ul style="list-style-type: none"> • NodosCadenaSuministro • Mensajes_Solicitudes • Mensajes_Respuestas 	Mecanismos de la generación de las solicitudes y la evaluación de las respuestas para gestionar las decisiones de las diferentes instancias de los nodos de la cadena de suministro.

Capa	Objeto	Objeto que soporta	Actividades o métodos
	AccesoDatos	EjecuciónDeDecisiones	Soporte al flujo de información de las instancias de la cadena
Mensajes	Mensajes_Solicitudes	NodosCadenaSuministro	Generación y encapsulamiento del contenido de los mensajes que las diferentes instancias de la cadena intercambian en las solicitudes.
	Mensajes_Respuestas	NodosCadenaSuministro	Generación y encapsulamiento del contenido de los mensajes que las diferentes instancias de la cadena intercambian en las respuestas.

Desde un punto de vista genérico, el modelo de clase representa el vínculo entre las entidades de la cadena de suministro según las relaciones, los comportamientos y los mensajes que éstas tienen a su disposición según sus propias características. En relación con esto, para poder visualizar el comportamiento de las entidades correspondientes y establecer los parámetros de medición de rendimiento, la siguiente sub-sección, tras considerar un diagrama de rol, define los diferentes roles que cada entidad de la cadena puede considerar y, por tanto, establecer las maneras de medir los comportamientos y el rendimiento de estos.

5.3.3.5 MECANISMOS DE MEDICIÓN DE LAS ENTIDADES (PERSONAS – QUIÉNES)



Se especifica bajo qué mecanismos se medirá el comportamiento y/o rendimiento de las diferentes entidades de la cadena de suministro. En este caso, tal y como establecen **Russel et al. (2004)** y **Halpin (2001)**, los diagramas de rol resultan ser los más idóneos para soportar este tipo de representación. Esto es debido, principalmente, a que una entidad puede tener uno o más roles asociados. Así mismo las entidades, según el rol que desempeñen (ver Figura 28), también poseen capacidades o

atributos que sirven para definir, por ejemplo, su idoneidad para las diversas actividades de trabajo. Esto, por su parte, incluye las cualificaciones y competencias, y otras relacionadas con las actividades o los atributos propios de las entidades, tales como las responsabilidades específicas o el nivel de experiencia previa que se asocia con los niveles de información a los que se tiene acceso.

Además, desde el punto de vista de la definición de los roles diferentes asociados a los procesos colaborativos en la cadena de suministro, los roles implicarán la definición de las características específicas para la asignación de las actividades o los procesos de trabajo, como por ejemplo realizar solicitudes, responder, proponer, evaluar, consultar, etc. En este mismo contexto, también se podrá entender el rol como el recurso asignado al desarrollo de una actividad, el cual contará con sus propias capacidades, teniendo así una tasa de rendimiento según la utilización de dicha capacidad. Adicionalmente, el establecimiento o la identificación de los roles de las entidades o los recursos implicará la definición en la programación de las mismas, con lo cual se identifica la lista de los elementos de las actividades y los procesos en los que la entidad se relaciona. De esta manera, los roles que circunscriben a los procesos colaborativos de la cadena de suministro estarán supeditados, en primer lugar, a la topología de la cadena de suministro y, en segundo lugar, a los objetivos de cada una de las entidades de la cadena. Los roles principales se describen a continuación.

- **Rol cliente.** Este rol se relaciona con las entidades o los recursos que están destinados a generar y, por tanto, enviar las solicitudes a sus proveedores, considerando sus propios mecanismos de generación de solicitudes y evaluación de respuestas.
- **Rol cliente-proveedor.** Además de considerar el rol destinado a generar solicitudes, también se considera el rol en el que las entidades, además de generar solicitudes, también deberán esperar a recibir alguna respuesta. En este caso, existe un comportamiento doble (o dual) en el que el nodo o la entidad deberá gestionar de una manera sincronizada para evitar solapamientos en el flujo de información con nodos de nivel superior e inferior de manera simultánea. Para esto, el rol cliente-proveedor se define para informar de estos hechos y generar un flujo sincronizado de información para soportar la descentralización de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.
- **Rol proveedor.** Se trata de un rol en el que la entidad solo está destinada a generar respuesta tras haber recibido una solicitud por parte de un nodo cliente. Este rol identifica, además, la característica colaborativa o no-colaborativa de la entidad que envió la información. De acuerdo con esto, el rol de proveedor implicará que según la característica del nodo que genera el flujo, el tratamiento de la información permitirá realizar uno u otro proceso de toma de decisión para la generación de respuestas a los nodos de nivel superior.

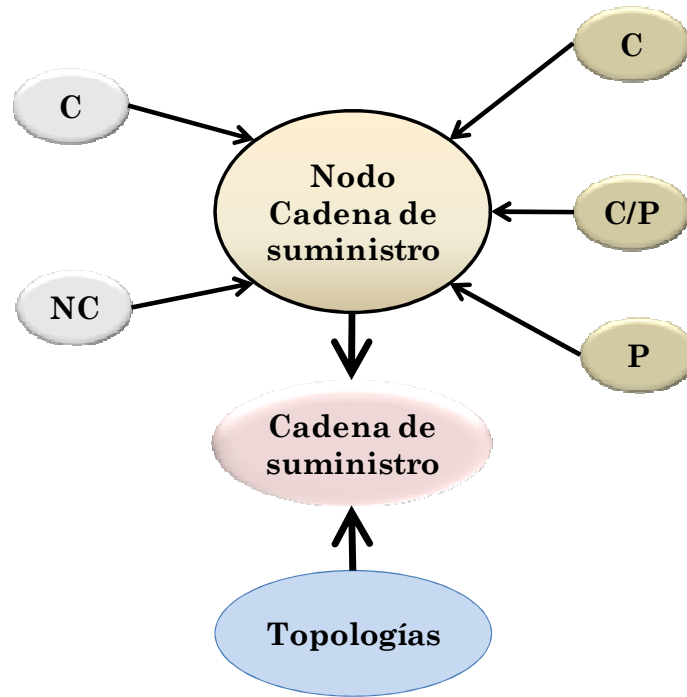


Figura 28. Diagrama de rol para las entidades circunscritas a los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Seguidamente a lo anterior, las entidades así como los roles que éstos consideran o desempeñan, los mecanismos de medición (ver Tabla 12) pueden depender de varios factores así como de los intereses propios de la cadena en la que se ven involucrados los recursos y las entidades. Desde un punto de vista estándar, tal como lo plantean **Gentil *et al.* (2002)** desde un punto de vista de la calidad de los procesos según el estándar *ISO 9000*, se establece que en entornos de cadena de suministro los mecanismos de medición de las entidades podrán seguir las siguientes líneas: sistema de gestión de calidad, gestión de responsabilidades, gestión de recursos, desarrollo de actividades y medición y análisis de mejoras.

Tabla 12. Mecanismos de medición de las entidades en los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Rol	Clasificación mecanismo	Objetivo	Medición
Cliente	Gestión de calidad	Establecer y describir las entidades con las que se relacionan para gestionar las solicitudes a los nodos de rol proveedor o cliente-proveedor.	<ul style="list-style-type: none"> • Estado del envío de la solicitud. • Recepción de las respuestas. • Evaluación y envío de las propuestas. • Nivel de aceptación de las propuestas.
	Gestión de responsabilidades	Determinación de los objetivos de comunicación para establecer un flujo de información fluido con los proveedores.	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad del proceso de comunicación de las solicitudes. • Definición de las características para la identificación de los nodos receptores de las solicitudes.
	Gestión de recursos	Definición de los requisitos y las necesidades para que el flujo de información de las solicitudes sea según los acuerdos establecidos entre los diferentes roles. Es decir, que un proveedor reciba como solicitud un mensaje con un contenido que pueda entender.	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de recepción de los mensajes de solicitud a los proveedores. • Recepción de la confirmación de los mensajes de la solicitud.
	Desarrollo de actividades	Medición del nivel de actividad entre los diferentes recursos con la finalidad de identificar la fluidez o el estancamiento en los flujos de comunicación hacia los proveedores.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de servicio para soportar el desarrollo de las actividades pertenecientes a los procesos colaborativos.

Rol	Clasificación mecanismo	Objetivo	Medición
	Medición de mejoras	Establecer los mecanismos para recibir o almacenar las respuestas de los proveedores y evaluar propuestas y mejoras en los procesos colaborativos.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de servicio de los proveedores. • Rendimiento del sistema que soporta la colaboración entre los nodos.
Cliente-Proveedor	Gestión de calidad	Establecer y describir las entidades con las que se relacionan para gestionar, de forma multi-direccional, tanto las solicitudes de los clientes como las respuestas de los proveedores.	<ul style="list-style-type: none"> • Estado del envío de la solicitud. • Estado del envío de la respuesta • Recepción de las solicitudes. • Recepción de las respuestas. • Evaluación y envío de las propuestas. • Nivel de aceptación de las propuestas. • Nivel de aceptación de las solicitudes.
	Gestión de responsabilidades	Determinación de los objetivos de comunicación para establecer un flujo multi-direccional entre clientes y proveedores.	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad del proceso de comunicación de las solicitudes y respuestas. • Definición de las características para la identificación de los nodos receptores de las solicitudes y respuestas.

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Rol	Clasificación mecanismo	Objetivo	Medición
	Gestión de recursos	Definición de los requisitos y las necesidades para que el flujo de información pueda soportar de manera simultánea las solicitudes y respuestas.	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de la recepción de los mensajes de la solicitud y las respuestas a los clientes y los proveedores, respectivamente. • Recepción de la confirmación de los mensajes de solicitud y respuesta.
	Desarrollo de actividades	Medición del nivel de actividad entre los diferentes recursos con la finalidad de dar soporte a la sincronización de los mensajes tanto aguas arriba como aguas abajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de servicio para soportar el desarrollo de las actividades pertenecientes a los procesos colaborativos.
	Medición de mejoras	Establecer los mecanismos para, de manera continua, recibir o almacenar las solicitudes y las respuestas de los clientes y proveedores con el objetivo de analizar y mejorar los procesos colaborativos.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de servicio de los clientes y proveedores. • Rendimiento del sistema que soporta la colaboración entre los nodos.
Proveedor	Gestión de calidad	Establecer y describir las entidades con las que se relacionan para gestionar, de forma ascendente, las respuestas hacia los clientes.	<ul style="list-style-type: none"> • Estado del envío de la respuesta • Recepción de las solicitudes. • Evaluación y envío de las respuestas. • Nivel de aceptación de las respuestas.

Rol	Clasificación mecanismo	Objetivo	Medición
	Gestión de responsabilidades	Determinación de los objetivos de comunicación para establecer un flujo ascendente con los clientes para el envío de las respuestas.	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad del proceso de comunicación de las respuestas. • Definición de características para la identificación de nodos receptores de las respuestas.
	Gestión de recursos	Definición de los requisitos y las necesidades para que flujo de información pueda soportar el envío de respuestas a los clientes.	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de la recepción de los mensajes de respuestas a los clientes. • Recepción de la confirmación de los mensajes de respuesta.
	Desarrollo de actividades	Medición del nivel de actividad entre los diferentes recursos con la finalidad de dar soporte a la sincronización de los mensajes aguas arriba.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de servicio para soportar el desarrollo de las actividades pertenecientes a los procesos colaborativos.
	Medición de mejoras	Establecer los mecanismos para, de manera continua, almacenar las respuestas a los clientes con el objetivo de analizar y mejorar los procesos colaborativos.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de servicio de los clientes. • Rendimiento del sistema que soporta la colaboración entre los nodos.

Por lo tanto, el mecanismo de medición de las entidades apoyarán la secuencia de acciones que los diferentes nodos, con sus roles respectivos, considerarán para soportar los comportamientos vinculados a los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

5.3.3.6 CÓMO LOS PROCESOS DEL SISTEMA COMIENZAN Y TERMINAN (TIEMPO – CUÁNDO)



En base a un flujo de acciones, en esta perspectiva se representa cómo los procesos comienzan y terminan, teniendo en cuenta las acciones intermedias que existen entre cada hito que, desde un punto de vista de la gestión de la cadena de suministro, representan las diferentes decisiones a las que los nodos se enfrentan y deben considerar para soportar los demás flujos presentes en el entorno. Desde una perspectiva conceptual y genérica, la Figura 29 expresa los diferentes estados que las entidades (o nodos) de la cadena pueden considerar en el desarrollo de los procesos colaborativos. De esta manera, como se ha ido corroborando en los apartados anteriores, específicamente en la definición de los roles y mecanismos de medición de las entidades, los estados se relacionan con los nodos tipo cliente (*C*), cliente-proveedor (*C/P*) o proveedor (*P*) que establecen sus propios estados y consideran estados que se vinculan entre sí para soportar, además, los flujos de información entre los nodos.

Adicionalmente, cada estado vinculado a un rol se inicia de forma independiente y considera un flujo de información tanto transversal como horizontal. La perspectiva transversal viene dada por la comunicación con los nodos de niveles superiores o inferiores (cliente o proveedores), mientras que la perspectiva horizontal se define por los ciclos internos bajo los cuales cada nodo resuelve sus procesos para dar paso al flujo de información en la cadena de suministro teniendo en cuenta la perspectiva de colaboración descentralizada. Por lo tanto, los diferentes estados (ver Figura 29) de acuerdo con los diferentes roles (o tipos de entidades) se establecen a continuación.

- **Entidad cliente.** La lógica que sigue el nodo tipo *C* es aquella que se relaciona con los estados de generar solicitudes, esperar por respuesta, evaluación de respuestas y generación de propuestas. De forma adicional, tras la recepción de respuestas, existen dos estados adicionales que dan lugar a la finalización del ciclo del cliente: rechazar respuestas en caso que no estuviesen bajo los acuerdos establecidos en la colaboración o, simplemente, que tras un proceso no-colaborativo no existan mecanismos adicionales de contraoferta para poder proponer alternativas diferentes; y, el estado de aceptar que es cuando se recibe una respuesta que cumple con todos los requisitos establecidos.
- **Entidad cliente-proveedor.** El estado asociado con el inicio de los procesos vinculados a los nodos tipo *C/P* es el de tipo esperar

propuesta. En este caso se refiere a que el nodo espera que un nodo tipo cliente le envíe una solicitud o bien espera la respuesta de un nodo proveedor. Así mismo, en su calidad simultánea de C y P , el nodo C/P considera un estado de acciones simultáneas como son las de recibir solicitudes, enviar respuestas, enviar solicitudes y recibir respuestas. Por lo mismo, tras pasar este estado, el nodo C/P , podrá aceptar la respuesta del nodo tipo P y, por tanto, enviar la respuesta correspondiente al nodo tipo C , o bien podrá rechazar la respuesta de P y responder a C sin haber llegado a algún acuerdo con los nodos tipo P en caso de que éstos no hayan sido capaces de cumplir con lo solicitado. Finalmente, un tercer estado será producto de la evaluación de las respuestas para, en caso de considerar la colaboración en el flujo de información, poder llegar a acuerdos con los diferentes pedidos entre los nodos tipo C y P . Por lo tanto será un nuevo estado transitorio que retrasará la respuesta al nodo tipo C que inició los requerimientos en el nivel más elevado de la cadena. Así, a partir de este estado se podrá llegar tanto a un estado de aceptación, en caso que la colaboración entre los nodos haya implicado acuerdos nuevos entre los nodos o, simplemente, un rechazo en caso que no haya sido posible establecer acuerdos y se opte por no seguir generando propuestas nuevas.

- **Entidad proveedor.** La secuencia de acciones asociada a los nodos tipo proveedor sigue la misma lógica que las anteriores, en el sentido que son un tipo de nodo destinado a recibir solicitudes y responder, dejando a los nodos solicitantes que tomen las decisiones en cuanto a la evaluación de la generación de nuevas propuestas. De esta manera, el nodo tipo C inicia sus actividades mediante el estado espera de pedidos o propuestas, por lo que permanecerá en este estado mientras no reciba un mensaje con dicho contenido. Así, tras recibir la solicitud, el nodo tipo P ejecuta sus propios mecanismos de evaluación, y responder al nodo que hizo la solicitud según su propio criterio de evaluación. Es decir, el nodo tipo P podrá enviar una respuesta al nodo que realizó la solicitud (C o C/P). Este nodo deberá evaluar si acepta o no o por encontrarse fuera del marco de aceptación o por no considerar un contenido de mensaje entendible, podrá enviar un mensaje de respuesta con un contenido de rechazo que el nodo que realizó la solicitud deberá recibir y evaluar para actuar según su propio criterio.

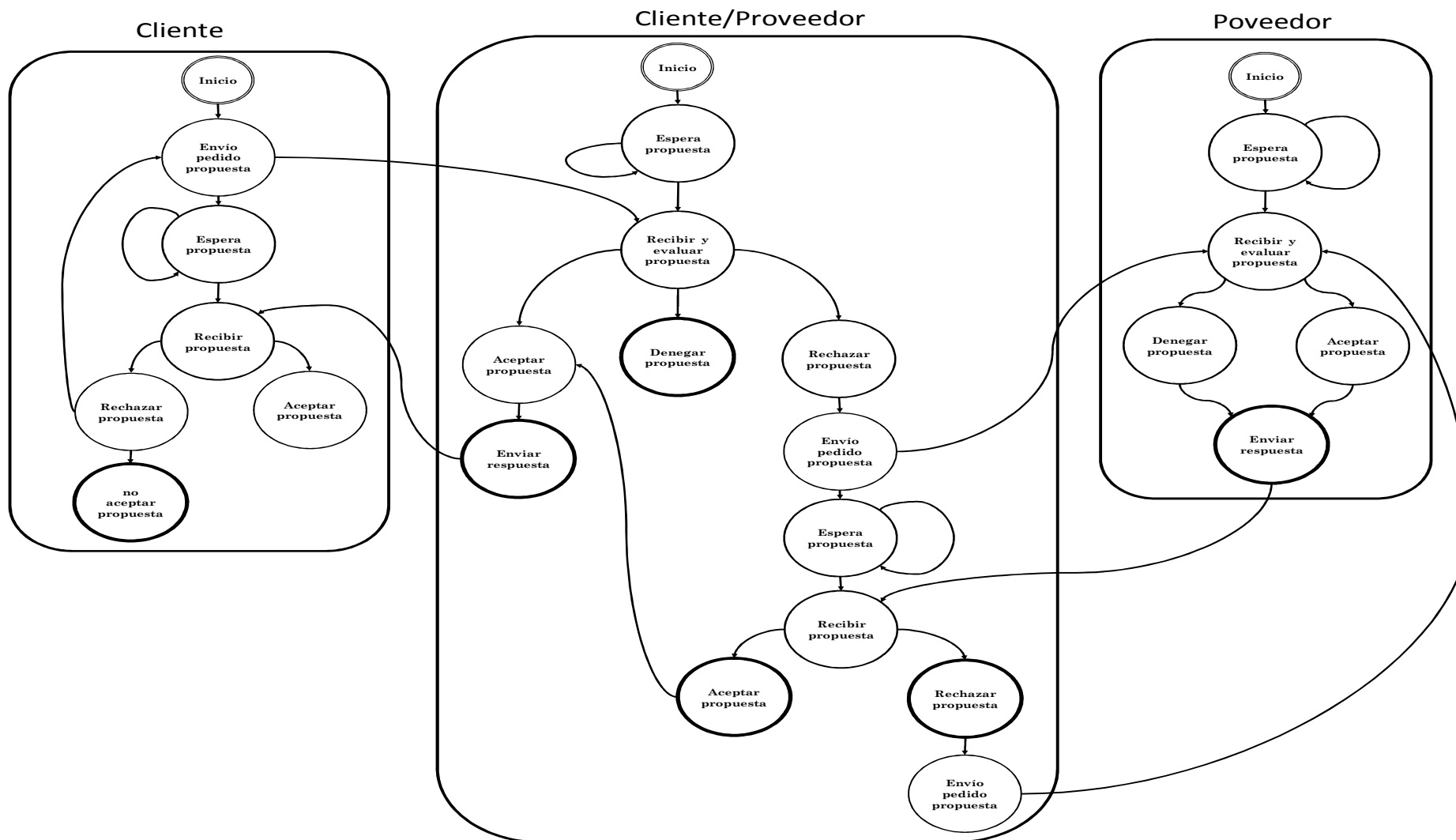


Figura 29. Diagrama de estados de las entidades en los procesos colaborativos descentralizados en la cadena de suministro.

Por tanto, desde una perspectiva más formal del modelado y con el objetivo de dar una perspectiva más dinámica a la representación de la Figura 29, la Figura 30 representa la secuencia de eventos de los nodos según una perspectiva de redes Petri. Esta perspectiva, para efectos de representación de flujos de procesos así como de la ejecución de las acciones por los nodos, resulta de vital importancia para definir una relación matricial entre los estados y transiciones. Para esto, tomando como base la definición de red Petri (**Peterson, 1977**), se establece que existirán tres componentes básicos que darán paso a la estructura Petri, en este caso para soportar el flujo de información en los procesos colaborativos descentralizados en la cadena de suministro. En primer lugar, se define un conjunto de estados (E). Seguidamente, se define un conjunto de transiciones (T). Finalmente, la función de actividades (A) que formalizará las relaciones y secuencias entre E y T .

De esta manera, la red Petri de los procesos colaborativos descentralizados ($RPPC$) se considerará como una tripleta (funciones de tres elementos) de la forma $RPPC = \langle E, T, A \rangle$, donde E y T serán conjuntos finitos de estados y transiciones, respectivamente y A representará las funciones de transición bajo la cual se podrá ir de un estado a otro. Así, Los estados y transiciones que darán soporte a los procesos colaborativos entre los nodos de la cadena de suministro se presentan con detalle en la Tabla 13 y la Tabla 14.

Tabla 13. Estados de los nodos vinculados a la red Petri en relación con los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Nodo	Estado	Indicador
C	Definición de necesidad por el cliente	E_0^C
C	Cliente espera respuesta	E_2^C
C	Cliente procesa respuesta	E_5^C
C	Cliente evalúa respuesta	E_9^C
C	Cliente acepta	E_{11}^C
C	Cliente evalúa generar nueva propuesta	E_{12}^C
C/P	Esperar requerimiento	E_3^{CP}
C/P	Esperar pedido	E_8^{CP}
C/P	Definir necesidad	E_0^{CP}
C/P	Esperar respuesta	E_2^{CP}
C/P	Procesar respuesta	E_5^{CP}
C/P	Evaluar respuesta	E_9^{CP}
C/P	Generar respuesta	E_{13}^{CP}
C/P	Evaluar generar nueva propuesta	E_{12}^{CP}
P	Proveedor espera requerimiento	E_3^P
P	Proveedor espera pedido	E_8^P
P	Proveedor espera propuesta	E_6^P
P	Proveedor genera respuesta	E_{13}^P

Tal y como se expresa en la Tabla 13, se identifican dieciocho estados para definir, de manera genérica, la colaboración en la cadena de suministro desde una perspectiva multi-nivel de intercambio de información. De los

cuales el 33% se relaciona con aquellas entidades que consideran el rol de cliente en la cadena de suministro, en el que se generan y envían solicitudes a los nodos clientes que permanecen en estado de espera hasta recibir las respuestas correspondientes de los nodos receptores (proveedores). Por otro lado, en concordancia con lo expresado en la Figura 29, el porcentaje mayor de estados lo considera el nodo tipo cliente-proveedor, con un 44% del total de los estados definidos. Mientras que el restante 22% de los estados corresponde a los nodos tipo proveedor. De acuerdo con esto, se aprecia que la actividad del nodo definido como dual (por sus características simultáneas de cliente y proveedor) considerará la mayor carga del flujo de información.

Tabla 14. Transiciones de la red Petri para soportar el flujo de información de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Nodo origen	Transición	Indicador
C	Genera pedido	T_1^C
C	Genera plan	T_5^C
C	Recibe respuesta	T_9^C
C	Evalúa respuesta	T_{10}^C
C	Acepta	T_{11}^C
C	Rechaza	T_{12}^C
C	Propone	T_{13}^C
C/P	Recibe pedidos	T_3^{CP}
C/P	Recibe plan	T_7^{CP}
C/P	Procesa pedidos	T_4^{CP}
C/P	Genera pedidos	T_1^{CP}
C/P	Genera plan	T_5^{CP}
C/P	Recibe respuesta	T_9^{CP}
C/P	Evalúa respuesta	T_{10}^{CP}
C/P	Acepta	T_{11}^{CP}
C/P	Rechaza	T_{12}^{CP}
C/P	Responde	T_8^{CP}
C/P	Propone	T_{13}^{CP}
P	Recibe pedidos	T_3^P
P	Recibe plan	T_7^P
P	Responde	T_8^P
P	Recibe propuesta	T_{15}^P

A nivel de transiciones, como se ha visto en la Tabla 14, se aprecia que la mayoría de éstas, el 50%, en línea con lo que ocurría con los estados de la Tabla 13, se relacionan con el nodo tipo cliente-proveedor. Es importante es destacar que las transiciones entre los nodos se dan tanto en forma vertical como horizontal (tal como señalado en el diagrama de casos de uso en la Figura 26). Dichas relaciones generan los procesos internos y externos, que son aquellos que ejecutan las actividades internas de los nodos y, los que se encargan de soportar las actividades de comunicación y envío de mensajes para soportar la colaboración y el correspondiente flujo de información entre los nodos de la cadena de suministro.

Por lo tanto, estos flujos sincronizados, teniendo en cuenta los tipos de nodos así como la dualidad de los nodos tipo cliente-proveedor, son los que soportan, principalmente, la descentralización de los flujos de información

en el contexto colaborativo. Esto es debido al hecho que en un entorno descentralizado, cada nodo es capaz de tomar sus propias decisiones y gestionar su propios flujos de información sin depender de flujos de información externos dependientes de otros nodos y, por tanto, de otros procesos. La matriz “A” representa entonces los flujos asociados con los procesos colaborativos en la cadena de suministro según la nomenclatura de las redes Petri.

$$A: \left(\begin{array}{l} (E_0^C, T_1^C), (E_0^C, T_5^C), (T_1^C, E_2^C), (T_5^C, E_2^C), (T_1^C, E_8^{CP}), (T_5^C, E_8^{CP}), (E_2^C, T_9^C), \\ (T_9^C, E_5^C), (E_5^C, T_{10}^C), (T_{10}^C, E_9^C), (E_9^C, T_{11}^C), (E_9^C, T_{12}^C), (T_{11}^C, E_{11}^C), (T_{12}^C, E_{12}^C), \\ (E_{12}^C, T_{12}^C), (E_{12}^C, T_{13}^C), (T_{12}^C, E_{11}^C), (T_{13}^C, E_3^C), (E_3^{CP}, T_3^{CP}), (E_3^{CP}, T_7^{CP}), \\ (E_8^{CP}, T_4^{CP}), (T_4^{CP}, E_0^{CP}), (E_0^{CP}, T_1^{CP}), (E_0^{CP}, T_5^{CP}), (T_1^{CP}, E_2^{CP}), (T_5^{CP}, E_2^{CP}), \\ (T_1^{CP}, E_8^P), (T_5^{CP}, E_8^P), (E_2^{CP}, T_9^{CP}), (T_9^{CP}, E_5^{CP}), (E_5^{CP}, T_{10}^{CP}), (T_{10}^{CP}, E_9^{CP}), \\ (E_9^{CP}, T_{11}^{CP}), (E_9^{CP}, T_{12}^{CP}), (T_{11}^{CP}, E_{13}^{CP}), (E_{13}^{CP}, T_8^{CP}), (T_{10}^{CP}, E_9^{CP}), (T_8^{CP}, E_5^C), \\ (T_{12}^{CP}, E_{12}^{CP}), (E_{12}^{CP}, T_{12}^{CP}), (T_{12}^{CP}, E_{13}^{CP}), (E_{12}^{CP}, T_{13}^{CP}), (T_{13}^{CP}, E_6^{CP}), (E_3^P, T_3^P), \\ (E_3^P, T_7^P), (T_3^P, E_8^P), (T_7^P, E_8^P), (E_8^P, T_8^P), (T_8^P, E_6^P), (T_8^P, E_5^{CP}), \\ (E_6^P, T_{15}^P), (T_{15}^P, E_{13}^P), (E_{13}^P, T_8^P) \end{array} \right)$$

De esta forma, el ciclo de transiciones que se relaciona con los diferentes estados se expresa en la Tabla 15. Se destacan en los recuadros de color verde las transiciones que soportan la colaboración vertical entre los nodos de la cadena mediante los flujos de información de solicitudes y respuestas. Se destaca, además, que estas transiciones de tipo vertical se encuentran, en mayor medida, en los nodos de tipo cliente-proveedor. Lo cual, en concordancia con las situaciones anteriores, se debe a la doble función que este tipo de nodo debe desempeñar para soportar el flujo de información entre los nodos. Por lo tanto el nodo tipo cliente-proveedor resultará un elemento clave para soportar la colaboración desde una perspectiva descentralizada en cadenas de suministro.

Tabla 15. Especificación de las relaciones multi-nivel para los procesos colaborativos descentralizados entre los nodos de la cadena de suministro.

	T_1^C	T_5^C	T_9^C	T_{10}^C	T_{11}^C	T_{12}^C	T_{13}^C	T_3^{CP}	T_7^{CP}	T_4^{CP}	T_1^{CP}	T_5^{CP}	T_9^{CP}	T_{10}^{CP}	T_{11}^{CP}	T_{12}^{CP}	T_8^{CP}	T_{13}^{CP}	T_3^P	T_7^P	T_8^P	T_{15}^P
E_0^C	E_2^C, E_8^{CP}	E_2^C, E_8^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E_2^C	-	-	E_5^C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E_5^C	-	-	-	E_9^C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E_9^C	-	-	-	-	E_{11}^C	E_{12}^C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E_{11}^C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E_{12}^C	-	-	-	-	-	E_{11}^C	E_3^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E_3^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	E_8^{CP}	E_8^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E_8^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	E_0^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E_0^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_2^{CP}, E_8^P	E_2^{CP}, E_8^P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E_2^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_5^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E_5^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_9^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	
E_9^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_{13}^{CP}	E_{12}^{CP}	-	-	-	-	-	-	
E_{13}^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_5^C	-	-	-	-	-	
E_{12}^{CP}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_6^P	-	-	-	-	
E_3^P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_8^P	E_8^P	-	-	
E_8^P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_6^P	-	
E_6^P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_{13}^P	
E_{13}^P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E_6^P, E_5^{CP}	

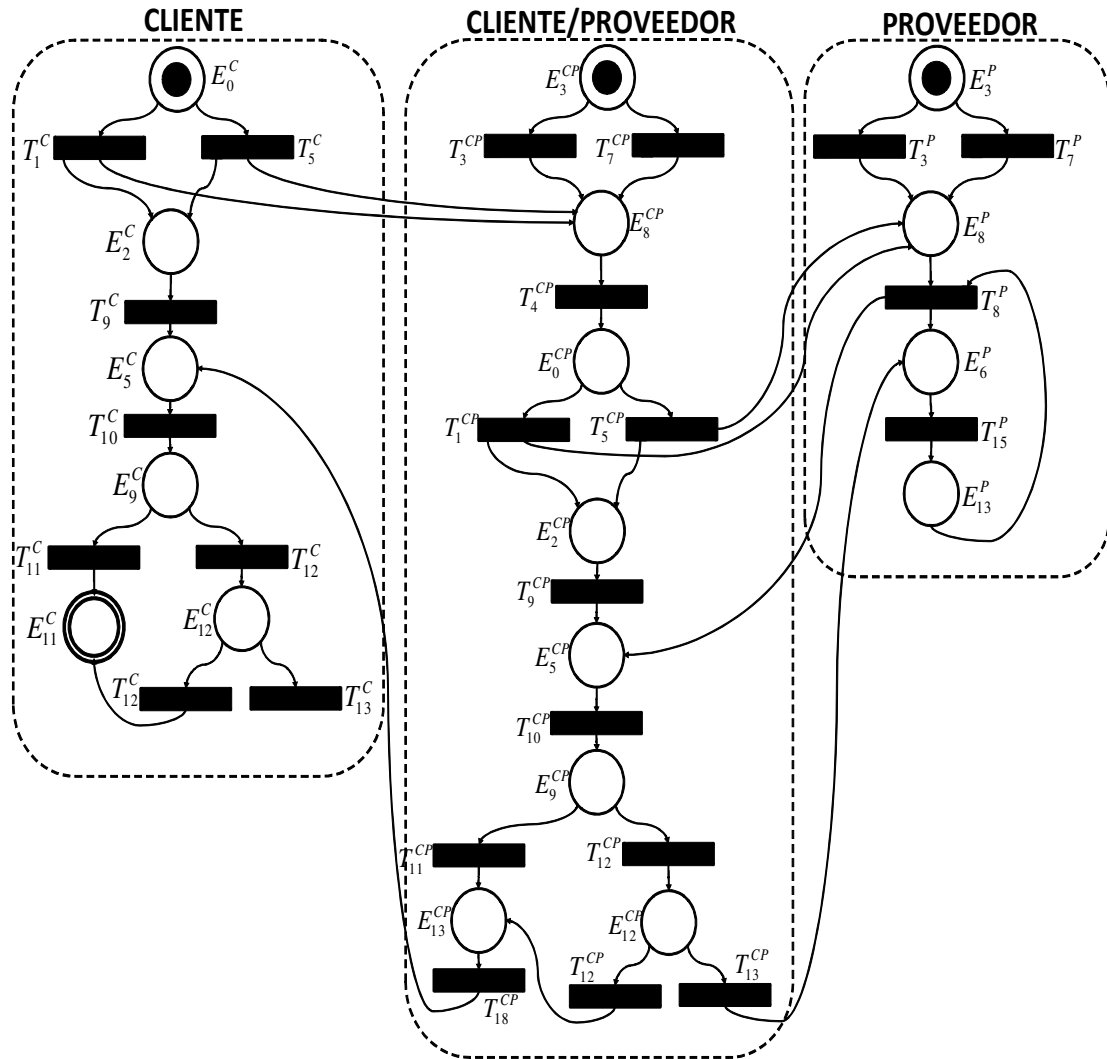


Figura 30. Red Petri para los procesos colaborativos descentralizados en cadenas de suministro.

En la Figura 30 se puede ver que si bien la colaboración implica una secuencia en las acciones realizadas en los procesos por cada nodo, también existe un paralelismo asociado al intercambio de información entre los diferentes nodos de la cadena. Este paralelismo tiene que ver con el flujo sincronizado de la información, bajo el cual las solicitudes y respuestas se van desencadenando desde un nivel superior hacia un nivel inferior y en sentido contrario ocurre con el flujo de respuestas. De esta manera, la propuesta de colaboración descentralizada presentada en esta arquitectura considera que las decisiones de cada nodo cliente tendrán en cuenta la información de sus proveedores y éstos los de sus propios proveedores a su vez, generando así un sistema de apoyo a la toma de decisión en la cadena de suministro descentralizado y enriquecido con la información contenida en los mensajes de respuesta por parte de los nodos de niveles inferiores.

En este sentido, la sección siguiente se orienta hacia la definición genérica de la visión tecnológica de la arquitectura. Para ello, se tienen en cuenta como fundamentos conceptuales la lógica y los mecanismos de colaboración planteados en la visión lógica. Por lo tanto, se obtiene un nivel

más detallado en cuanto a la especificación de los datos, las secuencias y los componentes que han de soportar el desarrollo e implementación en un entorno y dominio de modelado más específico en el contexto de colaboración en la cadena de suministro.

5.3.4 MODELO TECNOLÓGICO (FÍSICO)

Ya desde un punto de vista más técnico, esta dimensión se orienta hacia una definición de los modelos y lenguajes a ser considerados para apoyar la implementación o instanciación de los modelos propuestos (ver Tabla 16) y, por tanto, la obtención de una arquitectura técnica del sistema que, en este caso particular, soportará la colaboración descentralizada en cadenas de suministro. Tal cual se establece en el *Framework Zachman*, serán seis los elementos principales a tener en cuenta para la definición de esta dimensión. Éstos definen las motivaciones, el modelo de datos, los requerimientos de colaboración, el modelo estático, el modelo de comportamiento y el modelo de estados, que se describen a continuación.

Tabla 16. Componentes y sus elaciones para el modelo tecnológico.

Componente	Descripción	Entradas	Salidas
Motivaciones	Descripción y definición de los requisitos para apoyar el modelado de los requerimientos de modelado de los procesos colaborativos así como el establecimientos de las configuraciones vinculadas a los comportamientos y estados de las entidades de la cadena de suministro para obtener la vista física del sistema de información.	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidades de datos. - Restricciones de comportamiento. - Objetivos de modelado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos de colaboración. - Objetivos a conseguir con el comportamiento colaborativo. - Requerimientos y configuración de datos. - Control de estados.
Modelo de Datos	Definición y caracterización de los datos necesarios para soportar el desarrollo de los procesos colaborativos en la cadena de suministro desde una perspectiva del flujo de información existente entre los nodos de la cadena.	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos y configuraciones de los datos. - Variables vinculadas a los estados de las entidades. - Variables vinculadas a los comportamientos 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidades de datos. - Parámetros de modelado.
Requerimientos de colaboración	Establecimiento de los requerimientos principales en la configuración de los nodos y el flujo de intercambio de información para soportar la colaboración en la cadena de suministro bajo una	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos para soportar la colaboración en la cadena de suministro. - Parámetros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Flujo/dinámica de estados.

Componente	Descripción	Entradas	Salidas
	perspectiva descentralizada.	- Restricciones de comportamiento para cada nodo y la cadena completa.	
Modelo Estático	Establece la representación estática de las relaciones entre los nodos de la cadena de suministro, los datos que se utilizan e intercambian y los comportamientos que se consideran para soportar la colaboración en el entorno de cadena de suministro.	- Configuración requerida para soportar la colaboración. - Parámetros de los datos. - Restricciones de comportamiento.	- Objetivos de modelado. - Variables. - Definición de entidades. - Configuración de comportamientos.
Modelo Comportamiento	Bloque orientado a la descripción de los comportamientos que los nodos pueden considerar en la cadena de suministro y cómo éstos se organizan según la perspectiva colaborativa en la que los diferentes nodos se ven involucrados.	- Configuración de la cadena. - Parámetros. - Objetivos de modelado.	- Restricciones de comportamientos para los nodos y la cadena de suministro. - Flujos de información para definir los estados de comportamiento.
Modelo de Estados	Identificación de los estados en los que cada nodo se puede encontrar según el proceso que realice.	- Parámetros. - Control de los estados. - Flujos de información. - Definición de las entidades. - Restricciones de comportamientos para los nodos y la cadena de suministro.	- Variables de estado.

Por lo tanto en esta dimensión se consideran las configuraciones tecnológicas para soportar las especificaciones de las entradas y las salidas de los procesos y modelos que se definen para apoyar la colaboración en la cadena de suministro desde las perspectiva de la definición de los datos, los parámetros, los flujos de información, las variables, los requerimientos, las restricciones, las entidades y las relaciones entre estos. Así, la Figura 31 presenta la integración de estos elementos según una estructura de bloques UML.

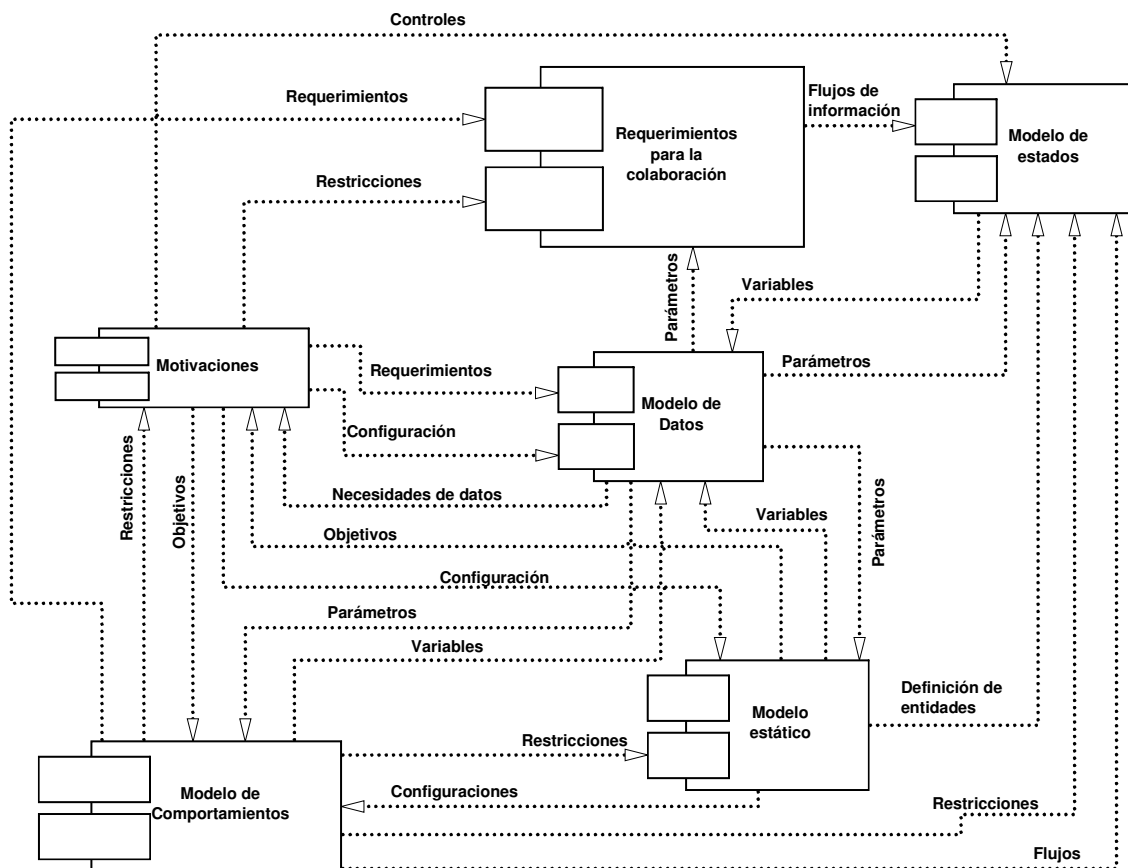
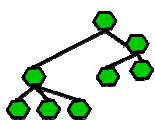


Figura 31. Modelo tecnológico del sistema basado en el modelo UML de bloques.

Los bloques UML están relacionados entre sí a través del intercambio de características comunes que soportan la coherencia entre ellos. Por ejemplo, la Figura 31 señala que existe un intercambio elevado de restricciones entre los diferentes bloques. Con lo cual se establece que si bien cada bloque está orientado a representar un aspecto por sí solo éstos han de tener una coherencia con los demás bloques. Esto se corrobora por el intercambio de objetivos, ya que los bloques, elementos y flujos se relacionan tanto de manera directa como indirecta. Las relaciones directas se definen bloque a bloque, y las indirectas se definen por varios bloques, cuya influencia viene a través de procesos heredados de otros bloques. Los componentes de esta dimensión se explican en la siguiente sub-sección.

5.3.4.1 MOTIVACIONES DEL MODELO TECNOLÓGICO.



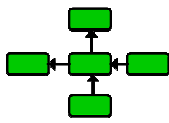
La motivación asociada al modelo tecnológico vinculado a la arquitectura de soporte al modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro considera la importancia de establecer, o soportar, los procesos mediante una perspectiva colaborativa en relación con el intercambio de información entre los diferentes nodos de la cadena que, según se ha visto en apartados anteriores, se relaciona con los diferentes roles que un nodo puede considerar según su vinculación con el flujo de información o proceso colaborativo. De esta manera, las demás perspectivas vinculadas a esta

dimensión presentan una visión integradora en los datos requeridos y, por tanto, la información generada en la cadena de suministro. Así, teniendo en cuenta estos roles y los comportamientos asociados a cada nodo bajo una perspectiva descentralizada de la colaboración en la cadena de suministro, la motivación se orienta a generalizar los diferentes procesos colaborativos pertenecientes a la cadena de suministro (procesos definidos en el Capítulo 2) y, por tanto, apoyar las labores de particularización de los mismos asociados a los niveles inferiores del *Framework Zachman*.

Por lo tanto, las motivaciones que dan lugar a esta dimensión se orientan a cubrir las necesidades de la especificación de los componentes asociados a la implementación de los diferentes elementos en los niveles anteriores. Así, se establecen arquitecturas para proporcionar una meta-perspectiva de los datos y su estructura, funciones y los requerimientos para soportar la colaboración en la cadena de suministro desde una perspectiva del flujo de información y, por tanto, desde la perspectiva de la comunicación entre los nodos, estableciendo para esto la estructura, el contenido, la semántica y el lenguaje de los mensajes que se intercambian. Para esto, la motivación del modelo tecnológico se centran en aspectos como:

- **Flujo de comunicación.** Con el objetivo de establecer los contenidos de los mensajes que definen los flujos entre los nodos.
- **Estructura de despliegue.** Para poder utilizar de protocolos estándares de comunicación que sean extensibles, desde una perspectiva lingüística, para la definición de los mensajes y desde una perspectiva de soporte, para las estructuras físicas de comunicación.
- **Especificación de comportamientos.** Definición de los métodos de cada nodo y rol asociado con sus atributos para la identificación y el tratamiento de los datos de los procesos colaborativos.
- **Datos relacionados con los procesos y comportamientos.** Establecimiento de la estructura de datos, protocolos y requerimientos para soportar los procesos colaborativos.

5.3.4.2 MODELO DE DATOS PARA LA COLABORACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO (DATOS – QUÉ)



Un modelo de datos es herramienta para apoyar tanto el modelado de los procesos de negocio como las tecnologías en las que se basan estos procesos. Para esto, se tienen en cuenta símbolos y textos que expresan de manera precisa la información real requerida, para soportar los procesos que se involucran con los nodos de la cadena de suministro y, por tanto, para mejorar la comunicación entre las organizaciones. El objetivo es obtener aplicaciones más flexibles y estables que se adapten al entorno real (**Hoberman, 2009**). De esta manera, el modelo de datos que soporta la dimensión tecnológica de la arquitectura propuesta en el marco del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada considera cuatro visiones principales: conceptual/lógica, cadena de topología de suministro, física y de sistemas de información (ver Figura 32).

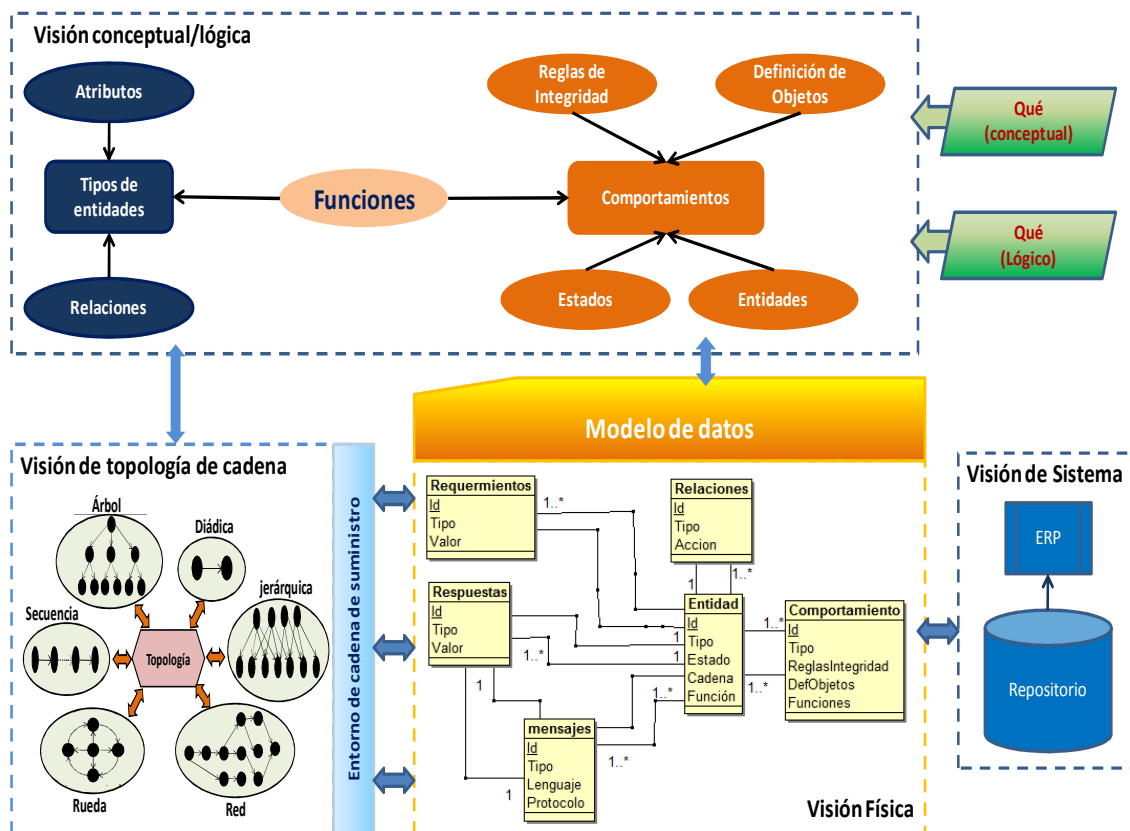


Figura 32. Arquitectura del modelo de datos bajo una perspectiva colaborativa descentralizada en la cadena de suministro.

Por lo tanto, el modelo de datos establece las líneas de conocimiento que el flujo de información en la implementación debe tener en cuenta. Así, la perspectiva colaborativa del intercambio de información considera que, según los atributos y las relaciones, los diferentes tipos de entidades o nodos de la cadena de suministro podrán abordar una serie de comportamientos

orientados a definir los estados de las entidades. En los procesos colaborativos de la cadena de suministro, estos comportamientos se relacionan con el hecho de si los nodos consideran una perspectiva colaborativa o no-colaborativa, o si son del tipo cliente, cliente-proveedor o proveedor y, finalmente, si se encuentran en un estado activo de realización de actividades (por ejemplo, solicitar requerimientos, esperar respuestas, evaluar propuestas, generar nuevas solicitudes o propuestas) pueden acceder a los sistemas de información y, por tanto, a los repositorios de información correspondientes y los sistemas ERP (*enterprise resource planning*) que los gobiernan, que se enmarcan en las dimensiones conceptuales y lógicas de los flujos de información que soportan la arquitectura. Seguidamente, el modelo de datos considera la visión física o tecnológica, que utiliza una notación de objetos para establecer las características principales que la arquitectura del modelo de datos debe tener en cuenta. En este sentido, se definen los siguientes elementos y sus características.

- **Entidades.** Atributos que consideran aspectos como: código, tipo, estado, cadena, función. Estos atributos representan la identificación, el nivel en la cadena de suministro, las acciones que consideran, la cadena a la que pertenecen y las funciones que llevan a cabo, respectivamente.
- **Comportamientos.** Esta característica contempla la definición de su código (para la clasificación), el tipo (para establecer la acción o el estado en que el nodo se encuentra), reglas de integridad (para establecer las restricciones a los procesos vinculados a los nodos según los comportamientos asociados), funciones (para establecer las acciones vinculadas a cada comportamiento) que se asocian, principalmente, al acceso a información contenida en los repositorios de la información, envío de los mensajes (ya sea de solicitud, respuesta o propuesta así como la comprobación de la integridad de la información intercambiada).
- **Relaciones.** Bajo el contexto de las acciones vinculadas a las entidades según los comportamientos asociados, las relaciones implican la definición de un código y tipo para establecer una clasificación en relación con el tipo de entidad, así como la acción, o acciones, que se vinculan con las relaciones asociadas al flujo e intercambio de información entre los nodos. Por lo tanto, y bajo un contexto de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, las relaciones implican también la identificación de vínculos colaborativos o no-colaborativos así como si existen relaciones de tipo verticales u horizontales entre los nodos de la cadena y así, de manera implícita, permitir la consideración de cualquier tipo de topología de la cadena con sus propias restricciones en la configuración y definición de los flujos de información.
- **Requerimientos.** Los datos vinculados a los requerimientos se asocian a la transmisión de las necesidades que un nodo tipo cliente

genera y envía a otro nodo tipo proveedor con el objetivo de esperar una respuesta, evaluarla y aceptar o rechazar dicha respuesta. Además, los requerimientos establecen el lenguaje bajo el cual los nodos se comunican para establecer los procesos colaborativos o flujos de información que definan la relación entre los nodos.

- **Respuestas.** Las respuestas implican la retroalimentación que el flujo de información considera para soportar la colaboración entre los nodos. De esta manera, los nodos tipo proveedor o cliente-proveedor generan respuestas según los requerimientos de sus clientes respectivos. Así, al igual que para el caso de los requerimientos, se identifica el código (para establecer la procedencia del mismo), el tipo (para establecer los vínculos o las asociaciones a los comportamientos vinculados a los nodos), y un valor (que establece la cuantificación de dicha respuesta con el objeto de facilitar la evaluación por parte del nodo cliente).
- **Mensajes.** La comunicación entre las entidades, según sus comportamientos y, por tanto, con las acciones relacionadas, se basan en los mecanismos de mensajería que proporcionen integridad a la información intercambiada. Esto según las normas estándares y protocolos de comunicación distribuidos (según ya visto en la Tabla 10) como el estándar **FIPA (2010)**, bajo el cual la comunicación engloba aspectos tales como los lenguajes y protocolos, que en el marco del modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, soportarán la comunicación (flujo de información e intercambio de mensajes) entre los nodos.

Finalmente, es posible establecer las relaciones de procedencia (ver Tabla 17) en relación con la información contenida en los diferentes atributos según su correspondencia con las visiones que apoyan el modelo de datos en las especificaciones.

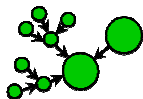
Tabla 17. Herencia de datos y atributos para los procesos colaborativos en cadenas de suministro.

Atributo	Objetos de datos					
	Entidad	Comportamiento	Relaciones	Requerimientos	Mensajes	Respuestas
Acción	Conceptual/Lógica	Cadena	Cadena	Sistema Cadena	Conceptual/Lógica Cadena	Cadena
Cadena	Cadena	Cadena	Cadena	Sistema	Cadena Sistema	Cadena Sistema
Código	Cadena	Cadena	Cadena	Cadena	Cadena	Cadena
Definición de objetos	Conceptual/Lógica	Cadena	Conceptual/Lógica	Sistema Cadena	Conceptual/Lógica	Cadena
Estado	Conceptual/Lógica	Cadena	Cadena	Sistema Cadena	Cadena	Cadena
Función	Cadena	Sistema	Cadena	Sistema	Sistema	Sistema Conceptual/Lógica
Lenguaje	Cadena Sistema Conceptual/Lógica	Sistema	Sistema	Sistema	Cadena	Cadena Sistema
Protocolo	Cadena	Cadena	Cadena	Sistema	Cadena Sistema	Cadena
Regla de integridad	Sistema Cadena	Sistema Cadena	Sistema Cadena	Sistema Cadena	Sistema Cadena	Sistema
Tipo	Cadena	Cadena	Cadena	Sistema Cadena	Cadena	Cadena
Valor	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema

Por lo tanto, según las relaciones existentes entre cada dimensión y aspecto, de acuerdo a lo establecido por el *Framework Zachman*, la Tabla 17 expresa estas relaciones para considerar un grupo único de atributos y sus relaciones con las diferentes vistas. En este caso las relaciones directas se señalan en los recuadros verdes, mientras que las indirectas en los recuadros amarillos.

De esta manera, es posible observar que la visión de la cadena tiene una implicación elevada en el contenido de los atributos, dado que será la cadena la que definirá los rangos de valores que cada atributo adoptará. Así mismo, esto se encuentra en concordancia con las relaciones que existen entre los atributos y la visión de sistemas, que es otra de las visiones, prioritariamente consideradas. Por lo que se puede establecer que estas dos visiones, apoyadas por las visiones predecesoras del *Framework Zachman*, resultan de gran relevancia para apoyar el flujo de información entre los nodos y apoyar el intercambio de mensajes teniendo en cuenta los protocolos y las reglas de integridad presentes en el entorno colaborativo de cadena de suministro.

5.3.4.3 REQUERIMIENTOS PARA SOPORTAR LA COLABORACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO (FUNCIONES – CÓMO)



Las funciones vinculadas a los procesos colaborativos establecen cómo un nodo de la cadena de suministro puede pasar de un estado a otro. Por lo tanto, establece y define las reglas y los requerimientos que ayudarán a dar una perspectiva de secuencia frente a las diferentes actividades y funciones que cada nodo de la cadena, según sus roles asociados, considera para cumplir con sus objetivos y propósitos. Así es como, y en concordancia con las dimensiones anteriores, es posible establecer que la colaboración en la cadena de suministro se lleva a cabo según la definición de funciones que

cada nodo de la cadena debe realizar. Estas funciones han sido descritas desde varios puntos de vista en el marco del *Framework Zachman*. Así es como en esta perspectiva se establecen y definen los requerimientos que soportan dichos flujos desde el punto de vista de los mensajes que se transmiten en los procesos colaborativos descentralizados. Esto se soporta por los ya mencionados objetos, estados, flujos y datos definidos en la meta-perspectiva desarrollada para la arquitectura de referencia de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, y como se vinculan a estos flujos los contenidos de los mensajes desde un punto de vista genérico teniendo en cuenta los protocolos de comunicación.

Los protocolos de comunicación se caracterizan por definir una sintaxis con el objetivo de especificar su definición y elaboración, una semántica que establece los comandos y respuestas que el protocolo procesa según las diferentes entradas y salidas, y los procedimientos que definen las reglas de utilización e implementación. Por ejemplo, en un contexto de formalismos, **Chopra y Singh (2006)** consideran la utilización de protocolos denominados *Non-monotonic Commitment Machines* (o máquinas de acuerdos de tipo no monótona), donde se especifican de manera directa las secuencias de estados y transiciones. Otra visión es la de **Yolum y Singh (2004)** que bajo la utilización de compromisos sociales consideran la conceptualización de las obligaciones de las partes que conforman el entorno y así capturan el significado intrínseco de las acciones. En este sentido, el concepto de obligación, bajo la perspectiva de protocolo estándar, es utilizado para definir el significado de actos del habla que, desde la perspectiva de objeto, resulta ser independiente de la estructura interna (**Fornara y Colombetti, 2003**). Además, en este mismo contexto, el protocolo de comunicación deberá considerar aspectos como autonomía, heterogeneidad, oportunidades y excepciones (**Tucat y García, 2007**).

Desde un punto de vista técnico, existen diversos estándares para soportar dichos protocolos de comunicación que resultan de utilidad para representar, o explicar, los procesos de modelado desde un punto de vista genérico. Esto resulta importante dado que permitirá la correcta diseminación de los datos y la información entre las diferentes plataformas que se pueden considerar en el entorno de cadena de suministro (**Hernández et al., 2010**). Algunos estándares que soportan estos protocolos de comunicación son **FIPA (2010)** y/o **KQML (2010)**. Para la especificación del flujo de comunicación se utilizará el estándar FIPA para seguir la línea de descripción a lo largo de las especificaciones de la arquitectura. Algunos ejemplos de la utilización de KQML se pueden encontrar en diversos trabajos científicos, como por ejemplo en **Rizo et al. (2004)** y **Hernández et al. (2009)** entre los que se destaca y ejemplifica la utilización de KQML para la notación de la comunicación de los mensajes entre los nodos de la cadena de suministro.

Por lo tanto, las funciones asociadas a los requerimientos de los procesos colaborativos se pueden clasificar como pedidos, respuestas,

propuestas y evaluación. Estas funciones dependerán de las características de cada nodo (*C-C*, *NC-C*, *C-C/P*, *NC-C/P* o *P*) que se definen de acuerdo con los roles que consideren en el entorno colaborativo de la cadena de suministro. En este sentido, la colaboración en la cadena de suministro considera (ver Figura 33) que cada nodo establece un proceso inicial para anticiparse a posibles pedidos no esperados. Este proceso representa un proceso de previsión clásico. Así mismo, el requerimiento para la definición y el soporte de los procesos es que cada nodo, tras la identificación de sus nodos clientes y proveedores respectivos, establezca las características de colaboración a las que cada nodo está dispuesto a incorporar en sus comportamientos respectivos. Para cada mensaje, que soporta el flujo de información y por consiguiente la comunicación entre los nodos, se considera el formalismo *FIPA-ACL* (ver la Tabla 10 y la Tabla 18) que define el contenido de cada mensaje en los pedidos, las respuestas y las propuestas, así como en la evaluación que asocia a la ejecución de los mecanismos para la evaluación de las propuestas y soportar los procesos de toma de decisión de los nodos (la especificación de los contenidos de los mensajes se encuentra en la Tabla 18).

Así, la perspectiva colaborativa descentralizada considera que cada nodo envía sus pedidos (o necesidades) a los proveedores respectivos, quienes a su vez según las características colaborativas del cliente de quien reciben la solicitud, procesan dichas solicitudes y evalúan los mecanismos de colaboración para ajustarse a los requerimientos y, por tanto, generar propuestas de mejora o bien simplemente aceptar o rechazar el pedido, según el caso sea colaborativo o no, respectivamente. En cualquier caso, en los nodos que consideren una relación colaborativa con sus clientes existirá un proceso en el que la comunicación entre los nodos será independiente entre sus clientes y proveedores. Se considera la información enriquecida con las limitaciones de los proveedores para responder a los clientes respectivos y no se consideran los repositorios de información comunes, sino que cada nodo dispone de su propio repositorio de información que, a través de ontologías y estándares de comunicación (**Hernández *et al.*, 2010**), favorecen la ejecución independiente de mecanismos de colaboración para soportar el proceso de toma de decisión de los nodos de la cadena. La Figura 33 representa el flujo de información entre los nodos teniendo en cuenta estos requerimientos para soportar la colaboración entre los nodos de la cadena.

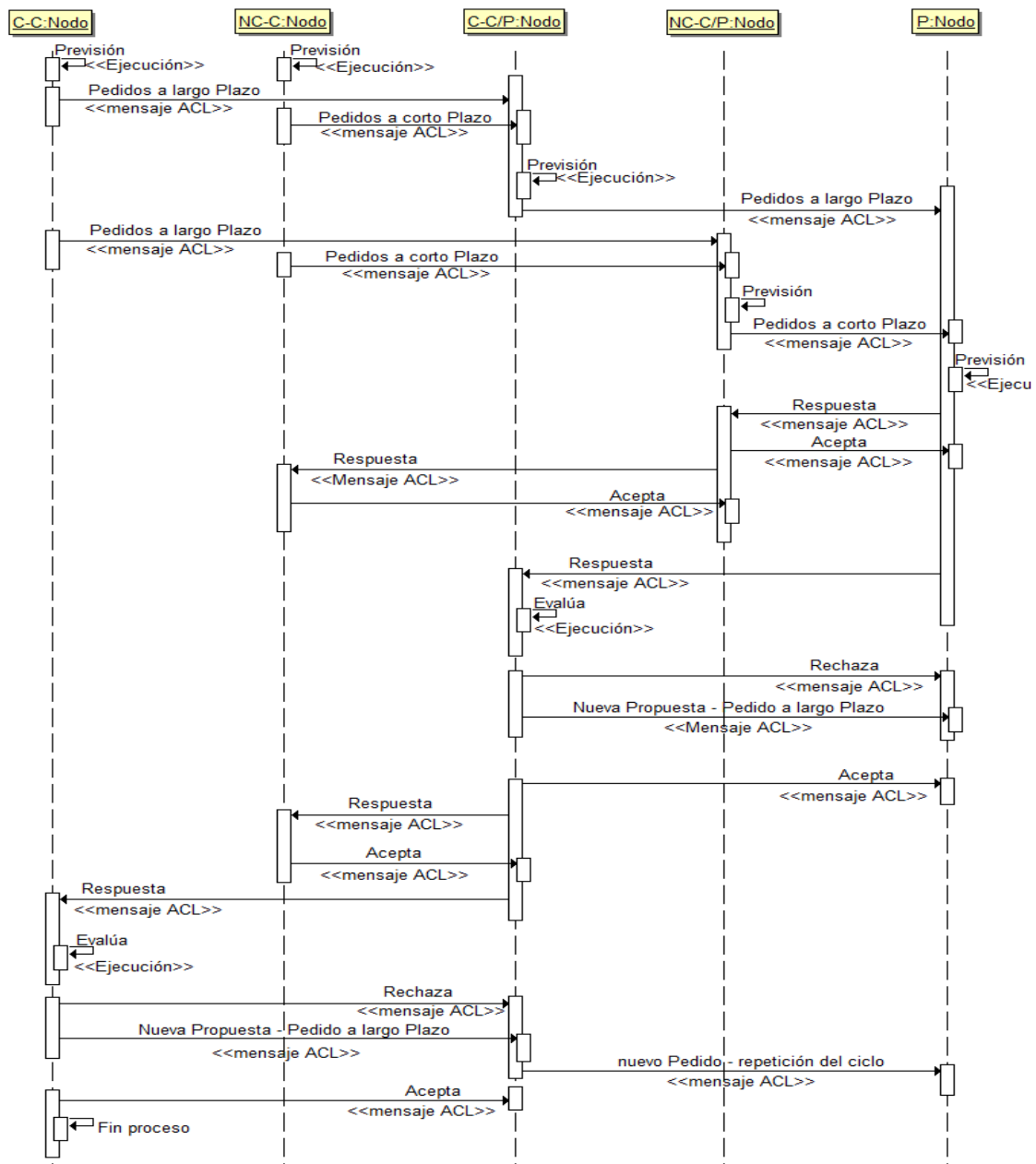


Figura 33. Diagrama UML de actividades para el flujo de información y mensajes FIPA-ACL entre los nodos de la cadena de suministro bajo una perspectiva colaborativa y descentralizada.

En este contexto, el proveedor entenderá una relación colaborativa con sus nodos clientes respectivos si este último está dispuesto a compartir información a largo plazo de sus pedidos. En base a esto, el nodo proveedor podrá anticipar los problemas futuros en los pedidos y, por tanto, enviar información enriquecida de los requerimientos a sus propios proveedores. Por otra parte, si el nodo cliente transmite la información con un contenido al corto plazo, el nodo proveedor entenderá una relación no colaborativa y por tanto, su reacción será menos abierta a generar propuestas a los pedidos. No obstante, las relaciones no-colaborativas apoyarán la consideración de errores en los pedidos, por lo que dependiendo de los mecanismos de toma de decisión de los nodos, se podrá considerar la

información colaborativa y no-colaborativa de manera conjunta para apoyar un contenido de información igualmente enriquecido para soportar los procesos colaborativos de la cadena de suministro. También se destaca el rol que los nodos tipo C/P consideran dada su capacidad dual de cliente y proveedor.

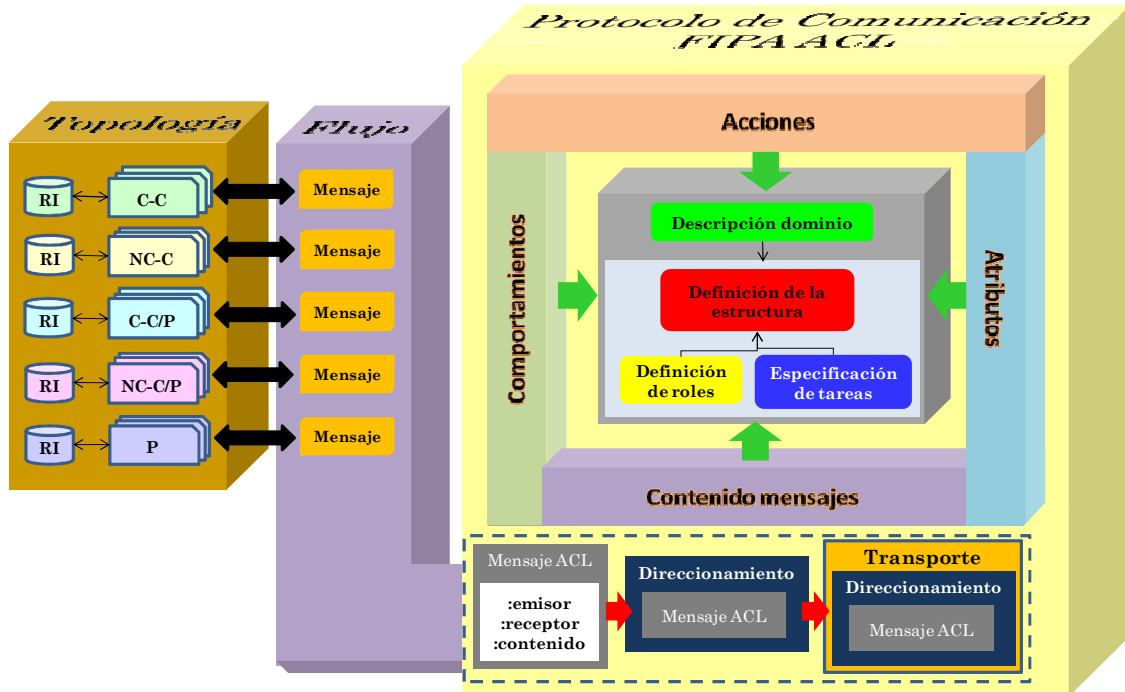


Figura 34. Arquitectura de los requerimientos para soportar la colaboración en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada.

En este sentido, el tipo de contenido que se considera en los mensajes se relacionan, tal como expresado en la Figura 33, con los pedidos, las respuestas, las propuestas y la evaluación de las respuestas para la promoción o finalización de los procesos iterativos en los que se busquen acuerdos y mejoras en los pedidos. Para esto, la arquitectura de requerimientos (ver Figura 34) del proceso colaborativo, que considera el protocolo de comunicación FIPA-ACL para soportar los mensajes que dan lugar al intercambio de información entre los nodos pertenecientes a la topología de la cadena de suministro, establece que cada mensaje utilizará una estructura de mensajes donde se defina el emisor, receptor y contenido. Esto se suscita mediante el direccionamiento correspondiente que gestionará el transporte de la carga útil (es decir, la parte del contenido del mensaje que es utilizado por el nodo receptor) que es la información que se cargará en el nodo emisor o receptor para que las acciones y los comportamientos, teniendo en cuenta a su vez los atributos y el contenido de los mensajes, puedan llevarse a cabo. El flujo se considera unidireccional e independiente de cada nodo (tal como visto en la Figura 33), por lo que, bajo esta perspectiva, la arquitectura, que tiene en cuenta los repositorios de información (RI) de cada nodo, soporta el intercambio de la información mediante la definición de la estructura y los correspondientes roles y tareas que dan lugar al dominio de colaboración, y por consiguiente, al contenido ACL del flujo de información (ver Tabla 18).

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Tabla 18. Relación formal de los mensajes y el formato *FIPA-ACL* para la colaboración en cadenas de suministro.

Origen	Destino	Mensaje	Tipo	Relación <i>FIPA-ACL</i>	Ejecución de acciones	Solicitud	Respuesta	Negociación
C-C	C-C	Previsión	<<Ejecución>>	:sender :receiver	X			
NC-C	NC-C	Previsión	<<Ejecución>>	:sender :receiver	X			
C-C	C-C/P	Pedidos a largo plazo	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol		X		X
NC-P	C-C/P	Pedidos a corto plazo	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol		X		
C-C/P	C-C/P	Previsión	<<Ejecución>>	:sender :receiver	X			
C-C/P	P	Pedidos a largo plazo	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol		X		X

Origen	Destino	Mensaje	Tipo	Relación <i>FIPA-ACL</i>	Ejecución de acciones	Solicitud	Respuesta	Negociación
C-C	NC-C/P	Pedidos a largo plazo	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol		X		X
NC-C	NC-C/P	Pedidos a corto plazo	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol		X		
NC-C/P	NC-C/P	Previsión	<<Ejecución>>	:sender :receiver	X			
NC-C/P	P	Pedidos a corto plazo	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol		X		
P	P	Previsión	<<Ejecución>>	:sender :receiver	X			
P	NC-C/P	Respuesta	<<Mensaje ACL>>	:receiver :language :ontology :protocol			X	

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Origen	Destino	Mensaje	Tipo	Relación <i>FIPA-ACL</i>	Ejecución de acciones	Solicitud	Respuesta	Negociación
NC-C/P	P	Acepta	<<Mensaje ACL>>	:sender :reply-with :content	X		X	
NC-C/P	NC-C	Respuesta	<<Mensaje ACL>>	:receiver :language :ontology :protocol	X		X	
NC-C	NC-C/P	Acepta	<<Mensaje ACL>>	:sender :reply-with :content	X		X	
P	C-C/P	Respuesta	<<Mensaje ACL>>	:receiver :language :ontology :protocol	X		X	X
C-C/P	C-C/P	Evalúa	<<Ejecución>>	:sender :receiver	X			X
C-C/P	P	Rechaza	<<Mensaje ACL>>	:sender :reply-with :content			X	

Origen	Destino	Mensaje	Tipo	Relación <i>FIPA-ACL</i>	Ejecución de acciones	Solicitud	Respuesta	Negociación
C-C/P	P	Nueva propuesta	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol	X		X	X
C-C/P	P	Acepta	<<Mensaje ACL>>	:sender :reply-with :content	X		X	
C-C/P	NC-C	Respuesta	<<Mensaje ACL>>	:receiver :language :ontology :protocol			X	
NC-C	C-C/P	Acepta	<<Mensaje ACL>>	:sender :reply-with :content	X		X	
C-C/P	C-C	Respuesta	<<Mensaje ACL>>	:receiver :language :ontology :protocol			X	X
C-C	C-C	Evalúa	<<Ejecución>>	:sender :receiver	X			X

Capítulo 5 – Propuesta de una arquitectura para el soporte de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro

Origen	Destino	Mensaje	Tipo	Relación <i>FIPA-ACL</i>	Ejecución de acciones	Solicitud	Respuesta	Negociación
C-C	C-C/P	Rechaza	<<Mensaje ACL>>	:sender :reply-with :content	X		X	
C-C	C-C/P	Nueva propuesta	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol		X		X
C-C/P	P	Nueva propuesta	<<Mensaje ACL>>	:sender :language :ontology :protocol		X		X
C-C	C-C/P	Acepta	<<Mensaje ACL>>	:sender :reply-with :content	X		X	X
C-C	C-C	Fin Proceso						

1	(REQUEST :sender C-C :receiver C-C :content (Previsión) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	13	(INFORM :sender C-C/P :receiver P :content (Relacion_Colaborativa) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	25	(REQUEST :sender C-C :receiver C-C/P :content (Propuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
2	(REQUEST :sender C-C/P :receiver C-C/P :content (Previsión) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	14	(REQUEST :sender C-C/P :receiver P :content (Pedido_Largo_Plazo) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	26	(INFORM :sender C-C/P :receiver P :content (Relacion_Colaborativa) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
3	(REQUEST :sender P :receiver P :content (Previsión) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	15	(INFORM :sender P :receiver C-C/P :content (Preparación_respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	27	(REQUEST :sender C-C/P :receiver P :content (Pedido_Largo_Plazo) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
4	(INFORM :sender C-C :receiver C-C/P :content (Relacion_Colaborativa) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	16	(PROPOSE :sender P :receiver C-C/P :content (Respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	28	(INFORM :sender P :receiver C-C/P :content (Preparación_respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
5	(REQUEST :sender C-C :receiver C-C/P :content (Pedido_Largo_Plazo) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	17	(INFORM :sender C-C/P :receiver P :content (Recepción_mensaje) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	29	(PROPOSE :sender P :receiver C-C/P :content (Respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
6	(INFORM :sender C-C/P :receiver P :content (Relacion_Colaborativa) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	18	(ACCEPT-PROPOSAL :sender C-C/P :receiver P :content (Aceptar_propuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	30	(INFORM :sender C-C/P :receiver P :content (Recepción_mensaje) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
7	(REQUEST :sender C-C/P :receiver P :content (Pedido_Largo_Plazo) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	19	(INFORM :sender C-C/P :receiver C-C :content (Preparación_respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	31	(ACCEPT-PROPOSAL :sender C-C/P :receiver P :content (Aceptar_propuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
8	(INFORM :sender P :receiver C-C/P :content (Preparación_respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	20	(PROPOSE :sender C-C/P :receiver C-C :content (Respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	32	(INFORM :sender C-C/P :receiver C-C :content (Preparación_respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
9	(PROPOSE :sender P :receiver C-C/P :content (Respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	21	(INFORM :sender C-C :receiver C-C/P :content (Recepción_mensaje) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	33	(PROPOSE :sender C-C/P :receiver C-C :content (Respuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
10	(INFORM :sender C-C/P :receiver P :content (Recepción_mensaje) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	22	(REJECT-PROPOSAL :sender C-C :receiver C-C/P :content (Rechazar_propuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	34	(INFORM :sender C-C :receiver C-C/P :content (Recepción_mensaje) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
11	(REJECT-PROPOSAL :sender C-C/P :receiver P :content (Rechazar_propuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	23	(REQUEST :sender C-C :receiver C-C :content (Prepara_Propuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	35	(ACCEPT-PROPOSAL :sender C-C :receiver C-C/P :content (Aceptar_propuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)
12	(REQUEST :sender C-C/P :receiver C-C/P :content (Prepara_Propuesta) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)	24	(INFORM :sender C-C :receiver C-C/P :content (Relacion_Colaborativa) :language Orientado_Objetos :ontology Proceso_Colaborativo)		

Figura 35. Pseudo-código de los procesos colaborativos en cadenas de suministro basado en el protocolo estándar *FIPA-ACL* de comunicación.

De esta forma, la Figura 35 presenta un pseudo-código de un extracto de un proceso colaborativo que considera la aceptación, el rechazo, la generación de propuestas y la aceptación de propuestas entre los nodos de la cadena de suministro perteneciente a diferentes niveles, es decir de tipo *C-C*, *C-C/P* y *P*. El caso no-colaborativo no se ha representado en la Figura 35 debido a que es un flujo clásico de información en el que la interacción solo considera el envío, aceptación y/o rechazo de las respuestas correspondientes, sin que exista una iteración en la búsqueda de las posibles mejoras a los pedidos. Cada mensaje *FIPA-ACL*, para facilitar la lectura en secuencia, ha sido enumerado (aunque visualmente la secuencia *FIPA-ACL* no se enumera dado que es un lenguaje interno en el que las aplicaciones soportan sus mecanismos de comunicación de manera interna con los demás miembros de la cadena o entorno). Seguidamente, la Tabla 19, en relación al contenido de la Figura 35, señala las relaciones entre los contenidos de los mensajes y los diferentes tipos de mensajes *FIPA-ACL* que se consideran para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro y, por tanto, el flujo de información bajo una perspectiva descentralizada.

Tabla 19. Relación de los tipos de mensajes versus el contenido de los mensajes para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Contenido mensaje FIPA-ACL	Tipo de mensaje <i>FIPA-ACL</i>				
	REQUEST	INFORM	PROPOSE	ACCEPT- PROPOSAL	REJECT- PROPOSAL
Previsión	X				
Relación colaborativa		X			
Pedido largo plazo	X	X			
Preparación respuesta		X			
Respuesta			X		
Recepción mensaje		X			
Aceptar propuesta				X	
Rechazar respuesta					X

De acuerdo con la Tabla 19, el tipo de mensaje que más se encuentra presente en el modelado de los procesos colaborativos para soportar el correspondiente flujo de información es el de tipo *INFORM*. Esto se debe, principalmente, a que bajo esta perspectiva de comunicación colaborativa en cadenas de suministro, también denominada distribuida (**Hernández et al., 2010**), los nodos informan a los clientes y proveedores la recepción y el entendimiento de los contenidos de los mensaje, como por ejemplo los de tipo *REQUEST*. Además, por ejemplo, para el caso de los nodos con rol tipo *C/P*,

son los mensajes tipo *INFORM* los que soportan el compartimiento bidireccional que los caracteriza. Cabe destacar que, para el caso del envío de las propuestas y la generación de los procesos iterativos de las evaluaciones, el mensaje tipo *CFP* (*call for proposals* o petición de propuestas) resultará válido para soportar la colaboración entre los nodos. Por otro lado, la configuración distribuida considera el mutuo entendimiento entre los nodos de la cadena de suministro. En cuanto al intercambio de comunicación se refiere, se soporta con las ontologías de comunicación y, por tanto, con la interoperabilidad entre los nodos. En este contexto, la siguiente perspectiva de la arquitectura soportada por el *Framework Zachman* representa el despliegue de la conceptualización de los procesos que soporta las actividades colaborativas entre los nodos de la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada.

5.3.4.4 MODELO ESTÁTICO DE LA CONFIGURACIÓN DE LOS PROCESOS, NODOS Y ELEMENTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA EJECUTAR LOS MODELOS (RED – DÓNDE).



El modelo asociado a esta perspectiva proporciona una visión estática de los componentes del *hardware* y *software* que se despliegan (como ya establecido en los apartados anteriores) en el entorno de cadena de suministro bajo la perspectiva colaborativa descentralizada del flujo de información entre los nodos. De esta manera, el diagrama UML de despliegue (**Schmuller, 2001**) en conjunto con el diagrama de UML de componentes presentan una vista enriquecida respecto a la distribución física de las aplicaciones y la lógica de colaboración asociada a los nodos de la cadena (ver Figura 36) donde se establecen y definen las dependencias, las instancias y los flujos de comunicación correspondientes. Por lo tanto, y desde una perspectiva descentralizada, cada nodo de la cadena de suministro considerará sus propios sistemas de información con la finalidad de gestionar e intercambiar la información entre ellos tanto desde la perspectiva del modelado como de la ejecución del sistema.

El despliegue de los componentes define los aspectos relevantes para soportar las posteriores implementaciones y los desarrollos del nivel físico de la arquitectura tales como el entorno de aplicación, el entorno de comunicación, la gestión del sistema de los nodos y los repositorios de información. Estos elementos, desde un punto de vista genérico ayudarán a soportar la interoperabilidad de los sistemas de información bajo los cuales se llevarán a cabo los procesos colaborativos. Por lo que, desde la perspectiva del flujo de información y comunicación, existirán flujos característicos para soportar el intercambio de los mensajes y la conexión entre los sistemas de los nodos, así como la conexión con los sistemas ERP y los repositorios de información de los nodos.

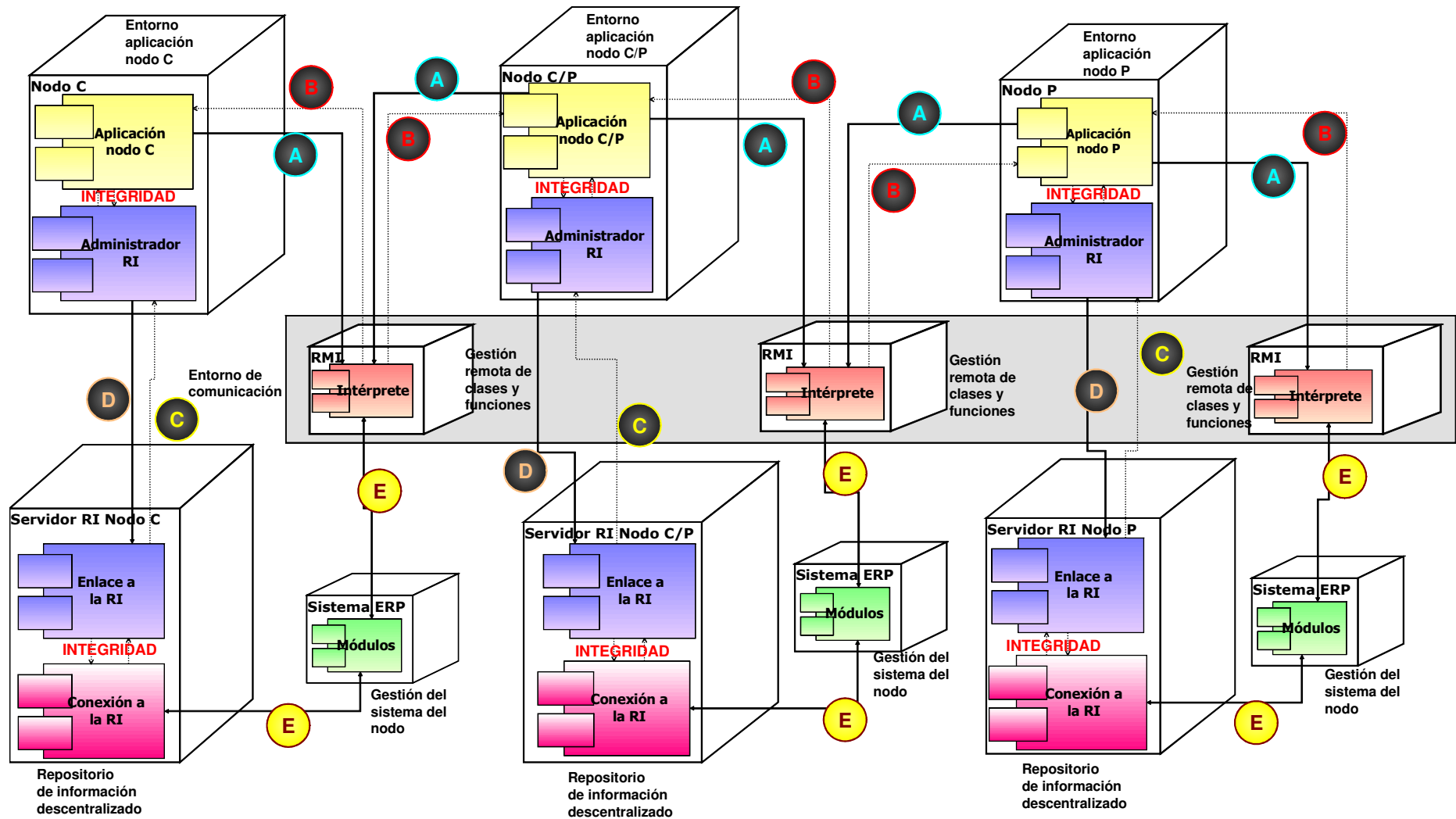


Figura 36. Modelo UML de despliegue de elementos para soportar la distribución de la arquitectura de los procesos colaborativos descentralizados en la cadena de suministro.

El despliegue de elementos (Figura 36) considera que la comunicación puede ser tanto uni-direccional como bi-direccional. En este sentido, los flujos de comunicación consideran una serie de protocolos internos que soportan la configuración física. De esta manera, de acuerdo con **Tannenbaum (1998)** y según la clasificación propuesta (círculos de colores de la Figura 36) los flujos y protocolos vinculados se expresan a continuación.

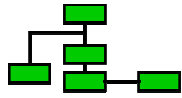
- A. **Comunicación descendente de aplicaciones.** Este flujo se relaciona con las peticiones que los sistemas de información de cada nodo hacen para poder entablar los procesos de comunicación con los demás nodos presentes en el entorno. También define las actividades para darse de alta en el sistema de modo que sea reconocido por el entorno. En este flujo se invoca a la unidad RMI (*remote method invocation* o invocación de métodos remotos). Los protocolos vinculados a este elemento de acuerdo con **Tannenbaum (1998)** son: SNMP, SMTP, NNTP, FTP, SSH, HTTP, SMB/CIFS, NFS, Telnet, IRC, POP3, IMAP y LDAP para dar soporte a las capas de aplicación.
- B. **Comunicación ascendente de aplicaciones.** En este caso, la comunicación ascendente hace referencia al flujo de respuestas que el nodo solicitante recibe. De esta manera, las respuestas pueden ser del tipo de confirmación, donde tras una solicitud previa, el entorno de comunicación responde con una afirmación o negación para establecer el estado de conexión del nodo y, por otra parte, define el flujo de comunicación recíproco entre clientes y proveedores que intercambian información para soportar la comunicación en la cadena de suministro. Los protocolos vinculados a este elemento de acuerdo con **Tannenbaum (1998)** son: SNMP, SMTP, NNTP, FTP, SSH, HTTP, SMB/CIFS, NFS, Telnet, IRC, POP3, IMAP y LDAP para dar soporte a las capas de aplicación.
- C. **Comunicación ascendente entre repositorios.** Los repositorios de los nodos se encuentran conectados a los sistemas de información. De esta manera, los repositorios están recibiendo de manera constantes solicitudes e información del estado de los procesos. Los protocolos vinculados a este elemento de acuerdo con **Tannenbaum (1998)** son: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM y HDLC para dar soporte a las capas de enlace de datos.
- D. **Comunicación descendente entre repositorios.** La información requerida para soportar los diferentes procesos es, en primer lugar, consultada en los repositorios, los cuales a su vez son los que se conectan con los sistemas de comunicación correspondientes para hacer las solicitudes de información respectivas. Este proceso implica la confirmación por parte del bloque que soporta el flujo de comunicación con el repositorio de datos que la comunicación ha sido establecida. Los protocolos vinculados a este elemento de

acuerdo con **Tannenbaum (1998)** son: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM, HDLC para dar soporte a las capas de enlace de datos.

- E. Comunicación bi-direccional del sistema de información.** En este caso, existirá una comunicación tanto con los repositorios de información como con los sistemas de información para establecer la integridad entre los datos y las solicitudes que se intercambian. En particular, los sistemas de información, desde una perspectiva genérica, considerarán varios procesos a los cuales los diferentes nodos, según el rol que los identifique, querrán acceder. Por esto, el sistema de información, dada su multi-funcionalidad, podrá considerarse como un sistema tipo ERP que soporte la distribución de la información, así como la escalabilidad de las arquitecturas en busca de mejorar los procesos actuales de gestión de la información. Por lo tanto, los protocolos vinculados a este elemento de acuerdo con **Tannenbaum (1998)** son: ARP, RARP, IP (IPv4, IPv6), X.25, ICMP, IGMP, NetBEUI, IPX y Appletalk (para dar soporte a las capas de red), TCP, UDP y SPX (para dar soporte a las capas de transporte), NetBIOS, RPC y SSL (para dar soporte a las capas de sesión).

Finalmente, los componentes encapsulados en los diferentes bloques como son: aplicación nodo, administrador *RI*, enlace *RI* y conexión *RI* incorporan los mecanismos de colaboración definidos en las perspectivas anteriores. Por lo que, para la implementación de cualquier tipo de topología, dichos componentes resultarán instancias de los objetivos que conforman los comportamientos y roles del modelo. Cada uno de estos bloques considera el pseudo-código correspondiente (tal como señalado en la Figura 35) incorporado en los intérpretes y módulos correspondientes. Así mismo, cada módulo, según su relación con los nodos correspondientes, gestionará, procesará y ejecutará los diferentes procesos vinculados con el soporte de la colaboración en la cadena de suministro. Por ejemplo, el proceso de planificación. No obstante, desde un punto de vista genérico, dichos módulos, en su contexto de ERP, podrán gestionar las actividades adicionales como son la gestión de los recursos, las finanzas, los roles y los perfiles, la *parametrización* de actividades, etc. (**SAP, 2010**). De esta manera, las ejecuciones podrán soportar flujos de información de tipo bi-direccional y sincronizado entre los nodos tipo cliente y proveedor, así como la lógica de comunicación para soportar la colaboración entre los participantes de la cadena de acuerdo con los estándares de comunicación establecidos en los diferentes niveles y entornos del despliegue de componentes.

5.3.4.5 MODELO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS NODOS SEGÚN LA PERSPECTIVA COLABORATIVA EN LA CADENA DE SUMINISTRO (PERSONAS – QUIÉN)



Desde un punto de vista genérico, se ha visto que los nodos podrán considerar elementos del tipo atributos, métodos, comportamientos, roles, relaciones, etc. Así mismo, se ha establecido que, según las características de los elementos, cada nodo podrá ser una instancia específica de dicho elemento, para lo cual se tienen en cuenta los diferentes objetos del entorno que soportan el intercambio de información entre los nodos de la cadena de suministro. Así es como en este nivel de abstracción de la arquitectura se establecen según un modelo de comportamientos (Schmuller, 2001) los flujos críticos bajo los cuales los nodos soportan sus procesos colaborativos.

Teniendo en cuenta el estándar de comunicación *FIPA-ACL*, cada nodo (ver Figura 37) desarrolla un flujo en el que mediante mensajes del tipo *CFP* (o *REQUEST's*) envía sus requerimientos a los nodos de tipo proveedor (*C/P* y/o *P*). Por lo que según una regla de tipo *OR-EXCLUSIVE* (o *O-EXCLUSIVO*), el nodo que responde (tipo *C/P* o *P*) podrá considerar respuestas del tipo aceptar (*accept*), rechazar (*refuse*) o proponer (*propose*).

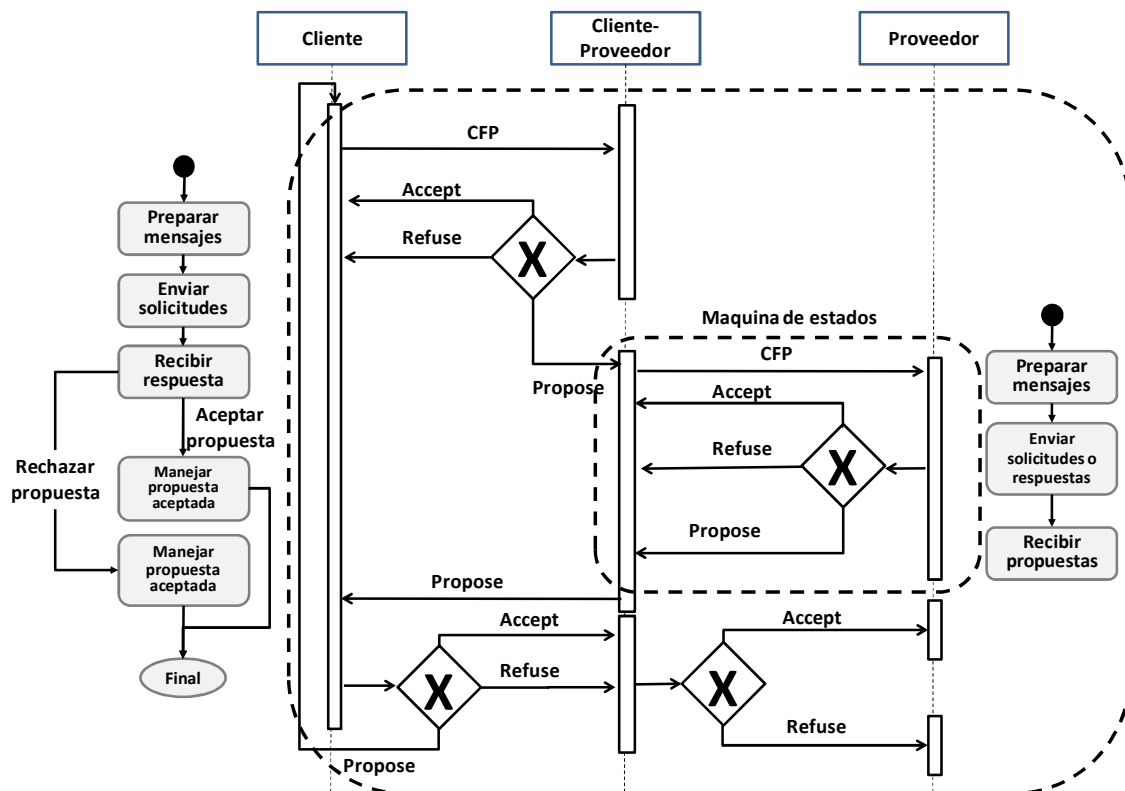


Figura 37. Modelo UML de comportamiento para el entorno colaborativo de cadena de suministro.

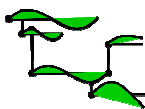
Tal como visto en la Figura 37, se define un comportamiento de alto-nivel que gobierna el comportamiento de los nodos tipo clientes, y luego sub-comportamientos de bajo-nivel que se van ejecutando según las peticiones vayan llegando a los nodos tipo proveedor. Esto establece una relación

cíclica de tipo jerárquica en la que una colaboración descentralizada considerará la transmisión de la información hasta los nodos del último nivel en la cadena para que éstos, tras los procesos colaborativos en el caso de presentar relaciones colaborativas, desarrollen iteraciones de acuerdo con que vayan corrigiendo rechazos inesperados en los pedidos. De esta forma, las soluciones irán escalando hacia los niveles superiores llegando, finalmente, hasta el nodo cliente del nivel superior que inició el flujo de comunicación entre los nodos.

De la Figura 37 es posible detectar el flujo compartido que presenta el nodo tipo cliente-proveedor, donde este nodo debe gestionar los flujos bidireccionales para poder, de forma simultánea, gestionar las solicitudes o los pedidos que reciba, así como enviar las solicitudes a sus nodos proveedores respectivos y, por tanto, evaluar y gestionar los procesos iterativos de propuestas para mejorar las soluciones obtenidas de los procesos de generación de respuestas no satisfactorios por parte de los proveedores asociados a sus procesos. Por lo tanto, la implementación de este rol debe considerar que el flujo de información y, por tanto, el comportamiento, debe compartir el hilo de ejecución. Esto, se ha planteado según la máquina de estados que, de forma secuencial, interrumpe el hilo de ejecución para dar paso a un siguiente hilo, distribuyéndose de forma jerárquica hasta el último nivel. Según los hilos de ejecución van finalizando sus procesos respectivos, el proceso va escalando de forma ascendente hasta encontrar el siguiente punto de interrupción y hasta llegar al último.

Esto favorece el flujo de información sincronizado y, por tanto, coordinado entre los diferentes niveles de la cadena de suministro. Desde un punto de vista práctico, que permitirá visualizar y expresar la aplicabilidad de la propuesta de desarrollo colaborativo de la ejecución de los hilos de ejecución, el diseño e implementación de la herramienta computacional del Capítulo 6 y la aplicación de la herramienta a una topología de cadena de suministro que se presenta en el Capítulo 7, considera la implementación basada en agentes (soportada por las librerías JADE y la plataforma JAVA) en la que se ilustra un ejemplo en base a una topología tipo árbol de tres niveles donde se ejemplifica una forma de implementar este concepto de flujo de información jerárquico y sincronizado planteado durante el desarrollo de la presente arquitectura de soporte a los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada.

5.3.4.6 MODELO DE ESTADOS DE LAS ENTIDADES PARA ENTORNOS COLABORATIVOS EN CADENAS DE SUMINISTRO (TIEMPO – CUÁNDO)



Esta perspectiva proporciona las especificaciones en el meta-modelo respecto a las secuencias del domino de modelado (vinculadas a los procesos colaborativos) desde el punto de vista tecnológico para establecer “cuándo” ocurren los eventos. Así mismo, esta perspectiva considera las restricciones de flujos de comunicación entre los nodos definidos de manera intrínseca en las perspectivas previas. Así, el flujo de comunicación se

transforma en una visión explícita de la ocurrencia de las acciones vinculadas a los nodos de la cadena de suministro

Por lo tanto, y teniendo en cuenta los ya definidos objetos, componentes, bloques, comportamientos y secuencias, así como la distribución y el despliegue de los mismos, el modelo tecnológico que representa los estados es el diagrama UML de comunicación (**Schmuller, 2001**). Así, de acuerdo con la perspectiva colaborativa del flujo de información entre los nodos de la cadena de suministro (ver Figura 38), la comunicación tendrá lugar cuando los objetos, mediante la instanciación de los objetos correspondientes, establezcan los requerimientos correspondientes y los transmitan a los demás participantes de la cadena. Lo que implica la gestión y el procesamiento de solicitudes, la generación y evaluación de respuestas y, por tanto, la generación de propuestas correspondiente.

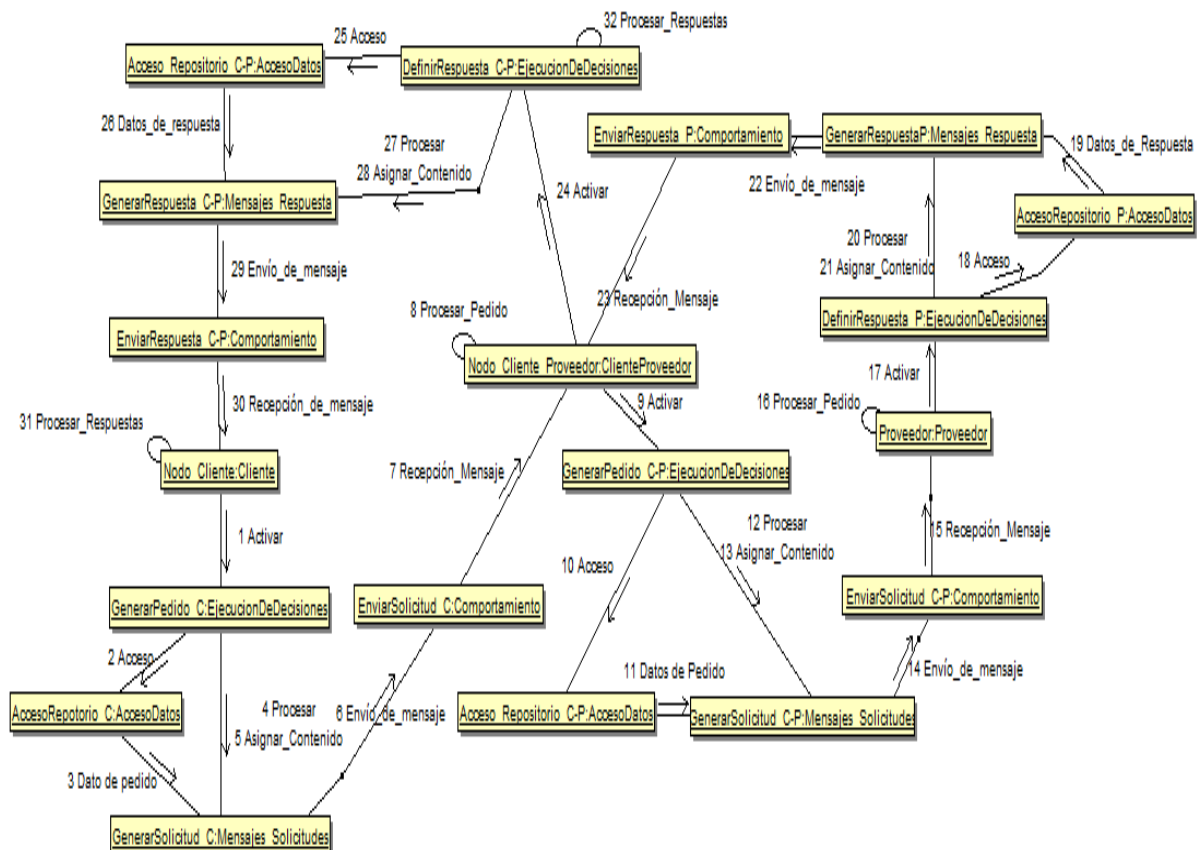


Figura 38. Diagrama UML de comunicación para el soporte de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Por lo tanto, el modelo de comunicación representa la secuencia de los mensajes que activan los diferentes objetos asociados a los procesos colaborativos en la cadena de suministro. De esta manera, los objetos que se tienen en cuenta están relacionados con los objetos definidos desde la Figura 32 hasta la Figura 37 de la visión tecnológica de la arquitectura. Así, esta perspectiva se presenta a modo de complemento de las perspectivas anteriores dado que muestra los diferentes estados que los objetos consideran tras el desarrollo de los procesos colaborativos. Estos estados se relacionan con las diferentes instancias que los objetos van llevando a cabo.

En este sentido, cabe destacar que la instanciación de los diferentes objetos permite la multiplicidad de los roles, por lo cual los nodos, dependiendo de la secuencia de acciones que consideren, podrán desempeñar las actividades que tengan asignadas. Esto es debido a la definición de los objetos de comportamientos bajo la perspectiva del modelado y la programación orientada a objetos. Esto estará vinculado al desarrollo independiente de los diferentes procesos y, por consiguiente, de la ejecución sincronizada de los hilos de ejecución. Tal como expresado en la Figura 38, los flujos 7 (*recepción_mensaje*), 8 (*procesar_pedido*), 9 (*activar*), 23 (*recepción_mensaje*) y 24 (*activar*) proporcionan la multiplicidad de los flujos que se requiere tener en cuenta en el caso de las múltiples funciones asignadas a los diferentes objetos.

De esta manera, la visión genérica presentada a lo largo de las diferentes perspectivas, se particulariza en un proceso colaborativo de relevancia en la cadena de suministro (según ya establecido en el Capítulo 2) como es el proceso de planificación. Por tanto, el siguiente apartado muestra la visión detallada del *Framework Zachman* para estos procesos específicos definiendo, para cada uno de ellos los bloques constructivos, el modelado conceptual y la arquitectura. Cabe destacar la versatilidad que el *Framework Zachman* proporciona para establecer los diferentes modelos de la arquitectura de referencia. Por lo que, si bien para las especificaciones soporta la definición y la generación de los modelos complejos que permitan la particularización de las vistas más genéricas, en el detalle permite utilizar los mismos conceptos, pero ya no desde una perspectiva estructurada sino desde una perspectiva libre donde se identifiquen los elementos principales, los modelos y las relaciones entre éstos.

5.4 ARQUITECTURA PARA EL SOPORTE DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN CADENAS DE SUMINISTRO BAJO UNA PERSPECTIVA DESCENTRALIZADA

Tras haber definido la arquitectura de referencia para soportar el modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro, desde un punto de vista genérico, se ha identificado que los lenguajes que pueden soportar el modelado de las diferentes dimensiones pueden ser diversos y dependerán, de manera directa, del dominio de modelado así como del interés del modelador en cuanto a lo que se desee expresar o destacar de los procesos en los nodos correspondientes. Por lo que, tal como se presenta en la Figura 39, los lenguajes de modelado que definen la arquitectura de referencia podrán ser del tipo orientado a flujos, objetos, relaciones, roles o incluso una descripción narrativa. En la Figura 39, teniendo en cuenta la evaluación de los diferentes lenguajes de modelado (ver Figura 7), se presenta la propuesta de los lenguajes de modelado para soportar el planteamiento de la arquitectura de referencia para los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada y genérica.

























	Qué	Cómo	Dónde	Quién	Cuándo	Por qué
Alcance	Descripción narrativa 	Digrama de flujos 	Diagrama de flujos 	Descripción Narrativa 	Diagrama de flujos 	Descripción narrativa 
Modelo Conceptual	Descripción narrativa 	Digrama de flujos 	Diagramas de flujos 	Descripción Narrativa 	Diagramas de flujos 	Descripción narrativa 
Modelo Lógico	Entidad-relación 	BPMN UML-Casos de Uso 	UML-Clases 	Diagrama de rol 	Diagrama de estados Red Petri 	Descripción narrativa 
Modelo tecnológico	Modelo de datos 	UML-Actividades 	UML-Despliegue 	UML-Secuencia UML-Actividades 	UML-Comunicación 	Descripción narrativa 

Figura 39. Lenguajes de modelado asociados a la arquitectura de referencia para apoyar los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta la información contenida en los apartados anteriores, la colaboración en la cadena de suministro consiste en que los nodos podrán considerar una serie de perspectivas relacionadas con su orientación colaborativa o no-colaborativa en relación con el intercambio de información entre los diferentes nodos que pertenecen a la cadena de suministro. Así es como **Poler et al. (2008)** y **Hernández et al. (2009)** establecen que la perspectiva descentralizada de los procesos colaborativos en la cadena de suministro considera, en primera lugar, que cada nodo será capaz de identificar las características colaborativas de sus clientes con tal de procesar la información en base a información futura contenida en la misma y, en segundo lugar, que cada nodo realizará sus procesos de toma de decisión de manera independiente.

De esta manera, y siguiendo esta misma línea, en un caso colaborativo los nodos de tipo cliente estarán dispuestos a compartir información considerando un horizonte temporal mayor en comparación al caso no colaborativo. En base a esto, los nodos tipo proveedor podrán realizar sus ajustes, por ejemplo, de fabricación o pedidos, teniendo en cuenta las variabilidades presentes en la información proveniente de los nodos clientes. Adicionalmente, los nodos de la cadena, para entender sus diferentes comportamientos, estados y flujos de información asociados, podrán considerar una perspectiva tipo cliente, cliente-proveedor o, solamente, proveedor. Esto quiere decir que, para efectos del modelado de los procesos colaborativos, tanto el tipo como la cantidad de información así como los comportamientos que cada nodo pueden considerar resultarán ser elementos claves para soportar la elaboración de modelos más cercanos a la realidad y, por tanto, más adecuados para su posterior implementación y validación en base a las topologías de cadenas más o menos complejas.

En este sentido, tal como expresado en la Figura 4, los modelos vinculados con el proceso de planificación colaborativa, se enmarcan en la vista de detalle del *Framework Zachman*. Así pues, la conceptualización presentada en los niveles del alcance, la conceptualización, la lógica del sistema y la representación tecnológica definida en los apartados anteriores, proporcionan las definiciones y especificaciones, desde un punto de vista

genérico, en relación con el modelado de los procesos colaborativos en general. Así, la vista de detalle (ver Tabla 20) presenta una visión general de los componentes y sus relaciones en el marco de los procesos colaborativos específicos. Es en base a esta dimensión de detalle, que se desarrolla y especifica el diseño e implementación de la herramienta computación que soporte el proceso particular de la planificación de la producción colaborativa, la cual se detalla en el Capítulo 6. Seguidamente el Capítulo 7 presenta un ejemplo de la aplicación y la validación relacionada con este proceso colaborativos donde se expresa la visión dinámica del entorno.

Tabla 20. Componentes y sus relaciones para la representación detallada de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Componente <i>Framework Zachman</i>		Descripción	Perspectiva de modelado	
			Conceptual	Tecnológica
Por qué	Motivación	Identificar y definir los elementos que dan paso a la conceptualización del proceso colaborativo de planificación. Esto con el objetivo de definir la vista tecnológica de la arquitectura para cada uno de los procesos.	X	
Qué	Descripción procesos colaborativos	Establecer los modelos conceptuales de los procesos colaborativos de planificación.	X	
Cómo	Mecanismos de colaboración	Definir los flujos de comunicación para establecer una vista funcional de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.	X	X
Dónde	Parámetros y Variables	Identificar los parámetros y las variables bajo los cuales es medible el impacto de un proceso colaborativo frente a uno clásico desde la perspectiva de la planificación colaborativa.		X
Quiénes	Característica e interacción de las entidades	Definición de los roles presentes en cada uno de los procesos colaborativos y su secuencia de actividades en la cadena de suministro.	X	X
Cuándo	Ocurrencia de Eventos	Definir la secuencia de eventos para los nodos de la cadena de suministro en el entorno colaborativo.	X	X

Así pues, la vista de detalle se puede definir como una instancia de dicha generalización en la que, siguiendo la misma línea de la definición de la arquitectura de referencia, se establece el modelo conceptual y la arquitectura del nivel tecnológico (Tabla 20) para proporcionar la arquitectura de los diferentes procesos colaborativos (en este caso de planificación). Por lo tanto, el desarrollo de las especificaciones de los procesos colaborativos de planificación, circunscritas a la arquitectura, tendrán en cuenta tres fundamentos, o más bien tres tipos de flujos, que proporcionarán el dinamismo vinculado a los comportamientos de los nodos en la cadena de suministro. Estos flujos serán los de información, para soportar el intercambio de la información (ver Figura 49) y las negociaciones entre los nodos colaborativos y los pedidos realizados en el corto plazo (comúnmente llamados pedidos en firme); productos (ver Figura 42), para señalar las respuestas que los nodos proveedores les entregan a sus clientes; y, finalmente, el flujo de transporte (ver Figura 60) que señala cómo, desde ambas perspectivas (colaborativa y no colaborativa) el proceso de gestión de transporte del productos y materias primas tiene lugar desde los nodos proveedores hasta los nodos cliente correspondientes.

Por lo tanto, desde la perspectiva de la Figura 8 y, desde un punto de vista de los flujos de información (ver Figura 40), así como de la especificación de componentes, la arquitectura tendrá en cuenta aspectos tales como el tipo de nodo (cliente, cliente-proveedor y/o proveedor), y sus características (colaborativo, no-colaborativos o ambos, según corresponda) para incorporarlas en las vistas principales de la arquitectura según el *Framework Zachman*. Por lo tanto, cada arquitectura será una instancia respecto a la arquitectura de referencia definida en los apartados anteriores.

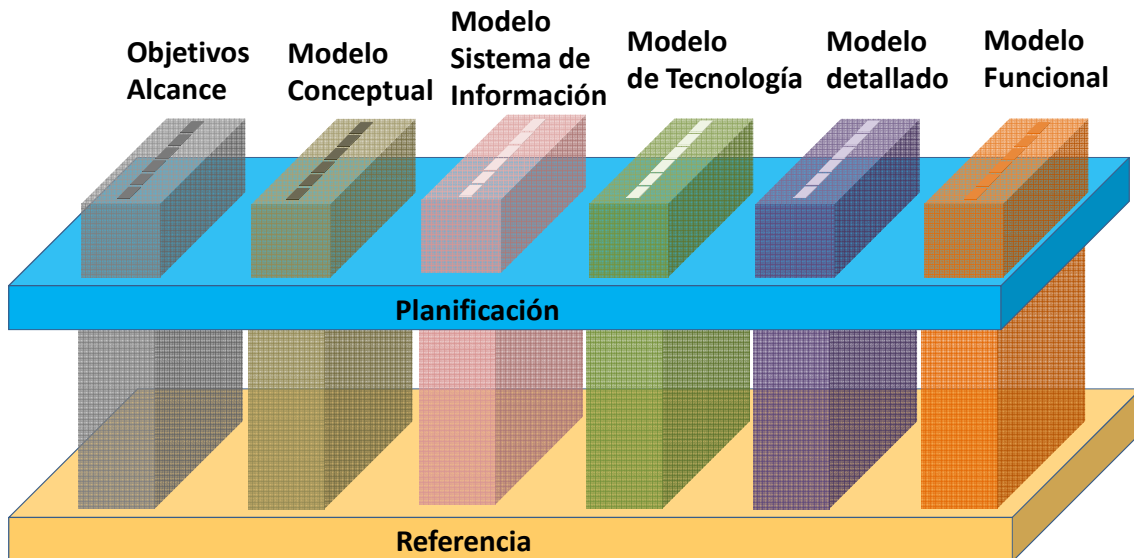


Figura 40. Perspectiva conceptual de la arquitectura de los procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Por lo tanto, y con el objetivo final de favorecer la integración entre los procesos colaborativos, cada perspectiva y dimensión deberán relacionarse de manera directa entre las diferentes arquitecturas obtenidas. De acuerdo con esto, la Figura 40 señala cómo cada dimensión es transversal a los

procesos colaborativos seleccionados. En el caso particular de los procesos de planificación colaborativa, como se verá en los siguientes apartados, el intercambio de planes de demanda (es decir, la información a largo plazo) permitirá soportar dicho intercambio de características desde una perspectiva transversal. De esta manera, los bloques constructivos vinculados a esta vista de detalle considerarán esta información como el hilo conductor de la información y la definición de los comportamientos para soportar la colaboración entre los nodos.

5.4.1 BLOQUES CONSTRUCTIVOS

En relación con lo expresado en la definición de los componentes y las relaciones para la especificación de los elementos relacionados a la particularización de la arquitectura de referencia en sub-arquitecturas específicas para el proceso colaborativo de planificación colaborativa, se definen los bloques constructivos que soportarán cada una de las sub-arquitecturas como el conjunto de las funciones definidas para satisfacer las necesidades del intercambio de la información de cada uno de estos procesos tanto en el nivel interno (colaboración horizontal) como en el nivel externo (colaboración vertical). De esta manera, los bloques constructivos para cada una de estas perspectivas globales y de conjunto (ver Figura 41) deberán considerar los elementos de herencia, la consistencia, la interoperabilidad y la flexibilidad para soportar la incorporación o la creación de las nuevas tecnologías en el de nodo y de la cadena de suministro. Por lo tanto, cada bloque constructivo interactuará para entablar las relaciones entre los nodos de la cadena de suministro con la finalidad de que, por una parte, los procesos colaborativos sean homogéneos entre sí y, por otra parte, para que cada nodo pueda incorporar los procesos que estime convenientes sin perjuicio de desfavorecer la integridad de la comunicación entre los demás nodos de la cadena. Así, cada bloque constructivo podrá definirse según los diferentes niveles de detalle en función de la etapa de desarrollo de la arquitectura que los nodos y la cadena de suministro hayan alcanzado.

Desde la perspectiva del *Framework Zachman*, que soporta el modelado y la integración de los procesos entre los diferentes nodos de la cadena de suministro, los bloques constructivos se relacionan con la integración entre las perspectivas conceptuales y tecnológicas. Seguidamente, y teniendo en cuenta lo ya señalado en la Tabla 20, los bloques constructivos vinculados a este nivel de detalle cubrirán de manera sincronizada las perspectivas del Qué, Cómo, Dónde, Quién, Cuándo y el Por Qué en el modelado de los procesos colaborativos de planificación en la cadena de suministro cuya definición fue establecida en el Capítulo 2 y Capítulo 3.

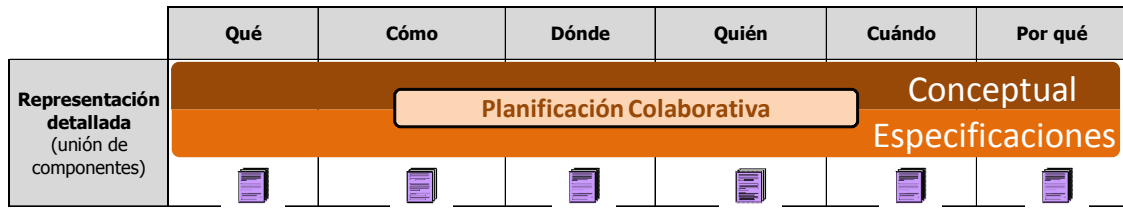


Figura 41. Bloques constructivos de la arquitectura para el proceso colaborativo de planificación en cadenas de suministro.

Se establecen de esta manera las definiciones, los conceptos y las directrices generales para la elaboración de las arquitecturas particulares de los procesos colaborativos, concretamente los bloques constructivos de la arquitectura (con el objetivo de soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro) tendrán en cuenta aspectos como:

- **Mensajes e intercambio de información.** De acuerdo con el proceso colaborativo, se establece el sentido de los flujos. Así, cada nodo tendrá la posibilidad de identificar la información de entrada de los nodos tipo colaborativos y no-colaborativos, y de salida transmitir sus necesidades.
- **Comportamientos.** Cada bloque constructivo soportará las diferentes características que los nodos pertenecientes a la cadena de suministro consideran. En este sentido, las características se relacionan con los estados y los flujos de información que los nodos consideren.
- **Roles de los nodos.** También se establecen los mecanismos para indicar los roles que cada nodo soporta o considera. En el caso de la colaboración descentralizada, los nodos podrán ser de tipo colaborativos y no-colaborativos, como a su vez podrán considerar características de cliente, cliente-proveedor o, simplemente, proveedor.

En virtud de lo anterior, los siguientes apartados se centrarán en proporcionar las especificaciones detalladas de los bloques constructivos para el proceso de planificación colaborativa desde una perspectiva descentralizada en la cadena de suministro. Principalmente, se especifican los modelos conceptuales y las vistas tecnológicas para cada uno de ellos. En base a esto se podrá establecer las directrices para el desarrollo (o implementación) que se corresponde con el ya mencionado Capítulo 7 donde, en base a ejemplos empíricos, se demostrará la bondad de la propuesta colaborativa expuesta tanto en la arquitectura de referencia como en las particulares.

5.4.2 ARQUITECTURA PARA EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN COLABORATIVA DESCENTRALIZADA EN CADENAS DE SUMINISTRO

El aspecto fundamental, para la obtención de esta arquitectura, es el hecho que para soportar los procesos de planificación existirá un flujo de productos de modo en el que la relación entre los nodos es de tipo jerárquica (ver Figura 42). Por lo tanto, el concepto de la planificación colaborativa

descentralizada establecerá que cada nodo, según la información que reciba y envía (de acuerdo con, por ejemplo, el flujo de productos) deberá establecer sus procesos de planificación de manera independiente con el objetivo de soportar sus propios procesos de toma de decisión.

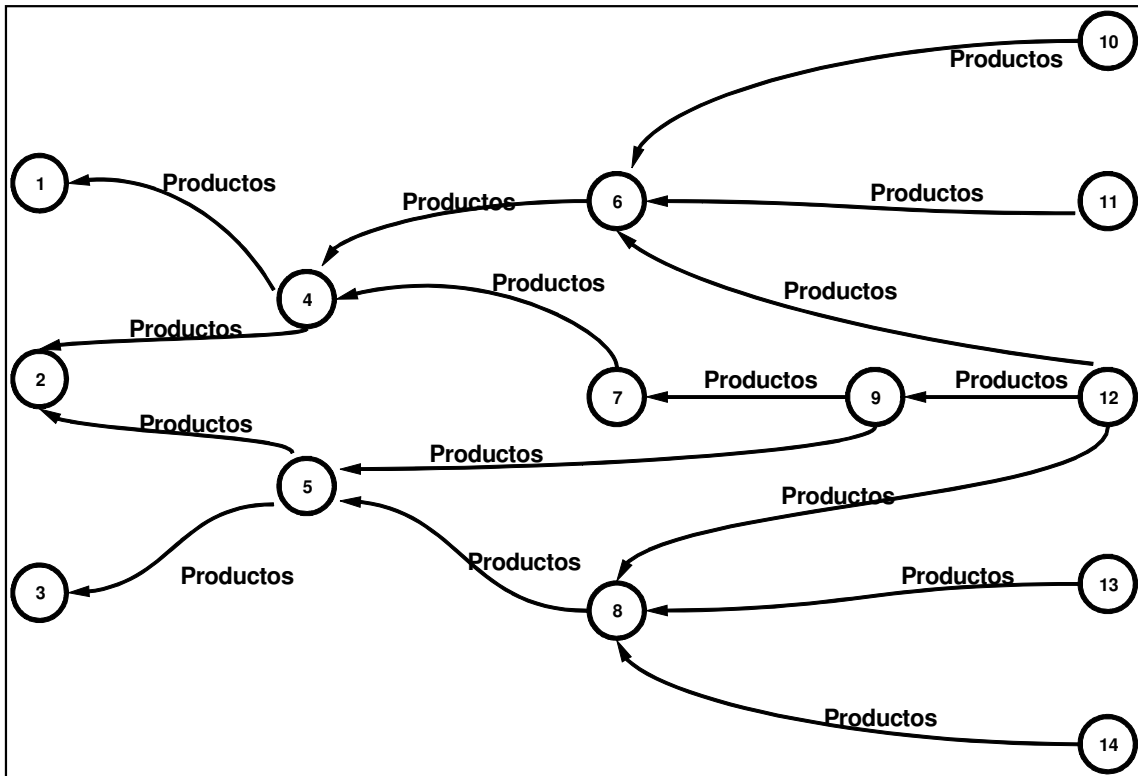


Figura 42. Flujos de productos en procesos los colaborativos en cadenas de suministro.

Por tanto, las vistas conceptuales y tecnológicas soportarán, por un lado, la definición de la metodología de modelado y, posteriormente la obtención del modelo conceptual para el proceso de planificación colaborativo y, por otro lado, la identificación de los elementos tecnológicos en relación con la definición de los comportamientos, roles, atributos, métodos y lenguajes que los nodos pertenecientes a la cadena de suministro deben considerar.

5.4.2.1 MODELO CONCEPTUAL PARA LA ARQUITECTURA

En este caso, el concepto de planificación se refiere a la planificación de la producción. El proceso de planificación de la producción consiste en determinar los niveles de producción, inventario y capacidad de una empresa industrial en un horizonte de planificación finito con el objetivo de minimizar los costes generados por los planes de producción. Por lo tanto, a continuación, teniendo en cuenta el modelo conceptual de referencia para soportar los procesos colaborativos en la cadena de suministro, se modelará el proceso de planificación colaborativa en cadenas de suministro bajo la misma perspectiva descentralizada.

5.4.2.1.1 METODOLOGÍA DE MODELADO PARA EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN COLABORATIVA

Tal y como definido en el Capítulo 2, el proceso de planificación colaborativa consiste en promover el intercambio de la información entre los nodos de la cadena de suministro para que los procesos de planificación se puedan ajustar mejor a las necesidades de los nodos cliente. De esta forma, para el desarrollo de esta metodología, y para obtener una mejor ilustración del modelado, se consideran cuatro nodos en una configuración secuencial genérica (X , $Y1$, $Y2$ y Z). Estos nodos representan diferentes niveles de la cadena de suministro, desde el cliente final hasta el último proveedor aguas abajo. La metodología de modelado se desarrolla en BPMN (ver Figura 43).

Por lo tanto, teniendo en cuenta un proceso de previsión de la demanda, el nodo X genera su plan de demanda y, por tanto, el plan de necesidades que va a transmitir al nodo $Y1$. Seguidamente, $Y1$ al recibir el plan de necesidades de X , lo procesa y genera su plan de necesidades correspondiente que es enviado a $Y2$. Finalmente, $Y2$, tras la ejecución de un MRP calcula las órdenes que ha de enviarle al proveedor del último nivel, el nodo Z . Por lo tanto, para aplicar la colaboración a este entorno, será necesario que los nodos se transmitan información a medio o largo plazo de modo que les permita poder prepararse mejor frente a pedidos inesperados o para cubrir la demanda del cliente. Además de este intercambio de los planes de demanda, los nodos, bajo una perspectiva colaborativa, son capaces de responder al nodo cliente respecto a si es posible satisfacer o no el pedido. Por tanto, la planificación de los pedidos considerará la respuesta de los nodos proveedores que, en caso de llegar a un acuerdo, finaliza el proceso de planificación, pero en caso contrario se entrará en un proceso de negociación para llegar a algún acuerdo respecto a las cantidades solicitadas.

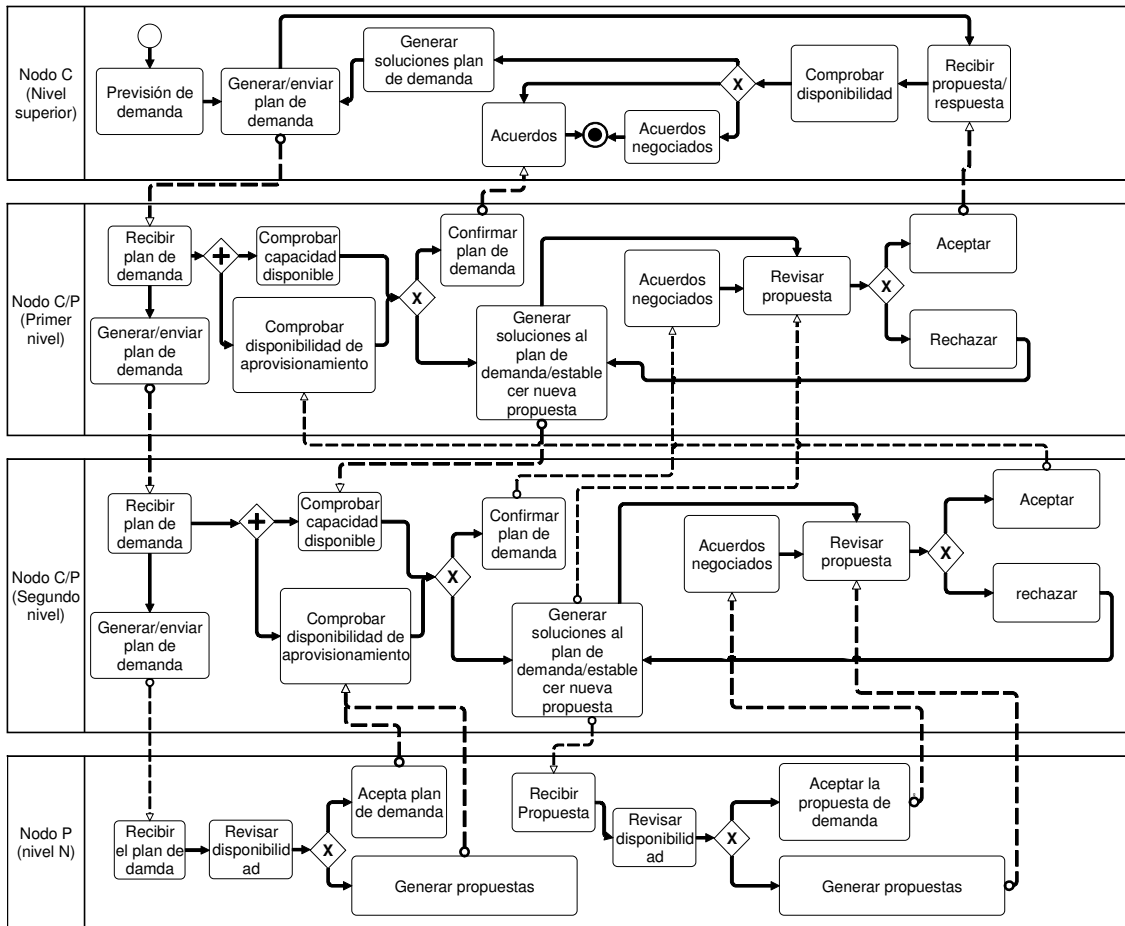


Figura 43. Flujo de información del proceso de planificación colaborativa en la cadena de suministro.

Por tanto, esta metodología establece, desde un punto de vista conceptual, los pasos para desarrollar un proceso de planificación colaborativa descentralizada en cadenas de suministro como sigue:

- Generar el plan de necesidades para el proveedor de primer nivel.
- El proveedor realiza la explosión de materiales correspondiente y calcula el plan de necesidades para enviárselo a su proveedor de segundo nivel.
- Los planes de demanda y las necesidades se transmiten hasta el último nodo de la cadena.
- Cada nodo proveedor responde a su nodo cliente para saber si puede responder a su plan de necesidades. En caso de no poder, el nodo cliente empieza a generar nuevas oferta interviniendo en, por ejemplo, los precios de venta.
- Las negociaciones continuarán hasta que se logra algún objetivo. Por ejemplo, la maximización del beneficio.

Por otra parte, desde la perspectiva de cada nodo, es posible afirmar que la colaboración en la cadena de suministro considerará la identificación de los nodos colaborativos y los no-colaborativos. Por lo tanto, la relación

entre los nodos colaborativos viene dada por los planes de demanda que se intercambian. De esta forma, el proceso de planificación es apoyado por los planes de demanda intercambiados (Figura 44), que promoverá, a su vez, los procesos iterativos de negociación para que los clientes y proveedores lleguen a acuerdos. Por lo tanto, al considerar los planes de demanda con un mayor horizonte de planificación, la capacidad para responder a cambios inesperados en la demanda será mejor. Así, en base a lo anterior, será posible adelantar las órdenes o modificar los inventarios de seguridad. Los respectivos proveedores serán capaces de reaccionar ante la incertidumbre de la demanda, evitando el exceso de pedidos ya sea por un mal control de inventarios o por la escasa información de la demanda. Así pues, la solicitud podrá ser aceptada, negociada o rechazada. Por lo que el proceso de negociación se producirá cuando la configuración de la cadena de suministro implique que los clientes y los proveedores intercambian información iterativamente hasta llegar a acuerdos. En el caso de la planificación colaborativa descentralizada, el intercambio de información implicará la participación de varios nodos de la cadena de suministro pertenecientes a diferentes niveles, de modo que el intercambio de información considerará aquella información relevante para favorecer las correcciones en: los retrasos de demanda, los problemas de capacidad y en la evolución de los beneficios de los nodos, según las características y objetivos de cada nodo, con lo cual cada nodo cliente negociará nuevas propuestas con sus proveedores hasta conseguir un acuerdo con todos los proveedores o hasta llegar a su límite de aceptación en el que el proceso de negociación finaliza.

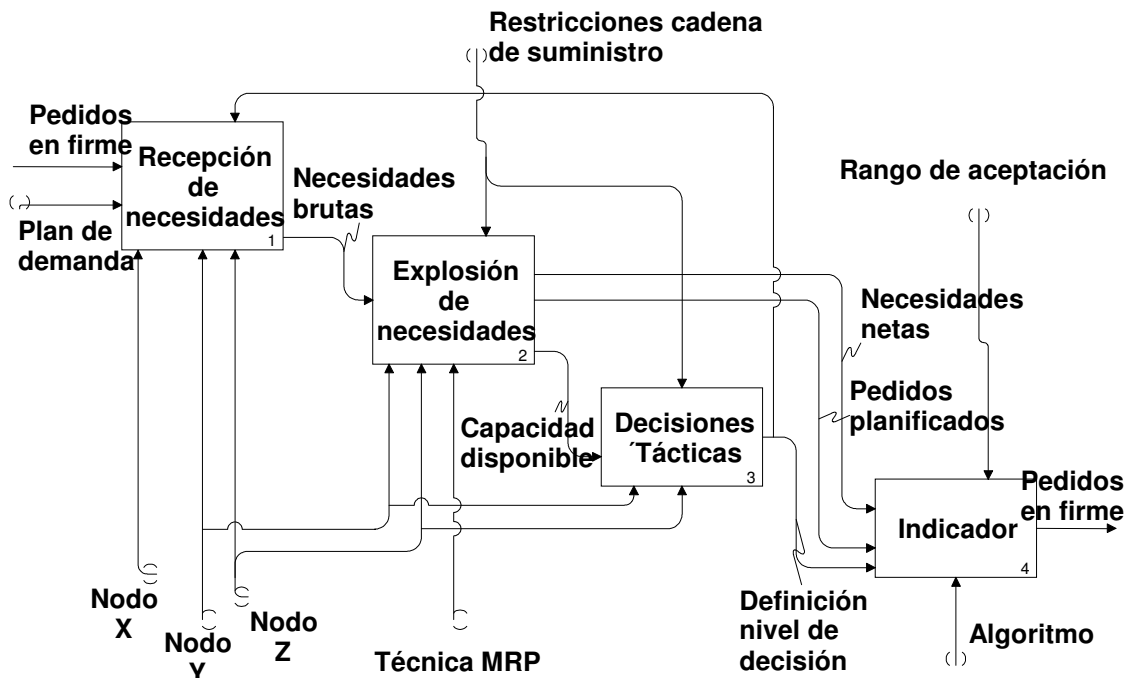


Figura 44. Modelo de interacción de actividades bajo la perspectiva del proceso de planificación colaborativa (IDEF0).

5.4.2.1.2 MODELO CONCEPTUAL PARA LA PLANIFICACIÓN COLABORATIVA

Tal como definido en la metodología del modelado del proceso de planificación colaborativa, el modelo conceptual asociado a este proceso está motivado por la consecución de procesos de planificación más ajustados y realistas según las necesidades de los clientes. Por lo tanto, el modelo conceptual (ver Figura 45) identifica tres clases de nodos. Aquellos que consideran solo la funcionalidad del cliente, es decir, que solo solicitan para recibir las ofertas. Los que consideran la funcionalidad del proveedor, es decir, que están a la espera de recibir pedidos y, finalmente, el nodo que considera ambas funcionalidades. En este caso, el nodo además de procesar un pedido, debe enviar mensajes de solicitud. Así, el modelo conceptual del proceso de planificación colaborativa establece que los pedidos se deben transmitir hasta el último nodo y a partir de ahí, empezar a iterar e ir probando con los diferentes valores. Además, es importante considerar que cada nodo implementa y desarrolla su propio algoritmo para el cálculo de las necesidades a transmitir.

Por lo tanto, una vez que los pedidos llegan al último nodo se ejecuta el mecanismo del cálculo de respuesta enviarse al nodo cliente padre correspondiente. Este evalúa la respuesta y, en caso de requerir una nueva oferta, vuela a iterar con el nodo hijo. Esto se repite hasta que la negociación genera resultados satisfactorios para el nodo padre. Y así sucesivamente hasta llegar al nodo principal.

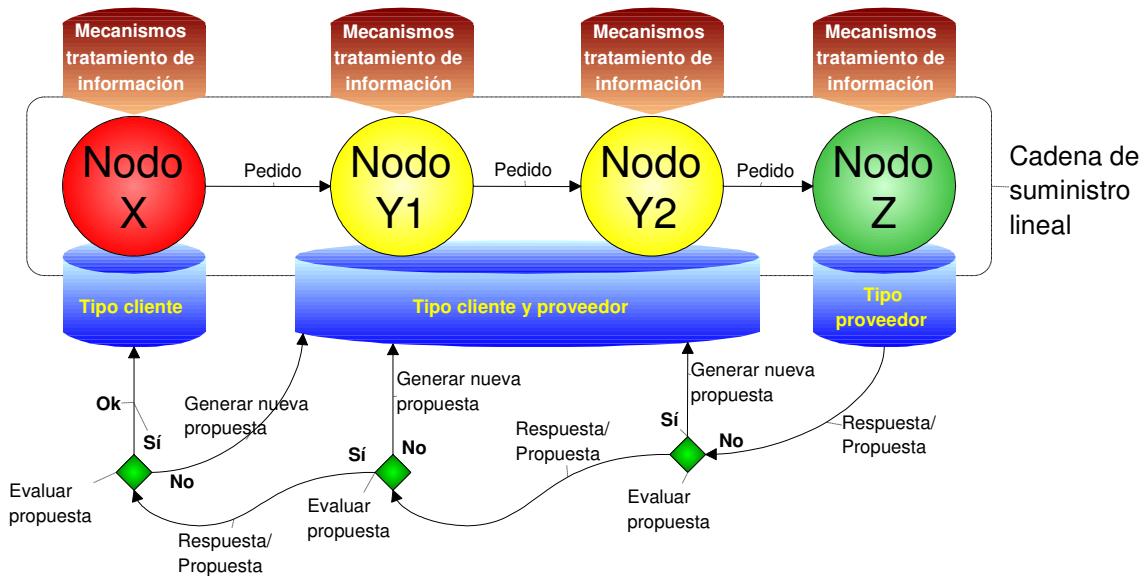


Figura 45. Flujo de información del proceso de planificación colaborativa en la cadena de suministro.

La planificación colaborativa en la cadena de suministro considera un flujo iterativo entre los nodos clientes y proveedores (ver Figura 46) para encontrar los ajustes, en el nivel táctico, a los pedidos que no se adaptan a las capacidades de los nodos. Seguidamente, los nodos cliente informan a sus proveedores los planes de requerimientos para valorar y generar

propuestas de manera iterativa hasta llegar a los acuerdos que los nodos involucrados estimen convenientes.

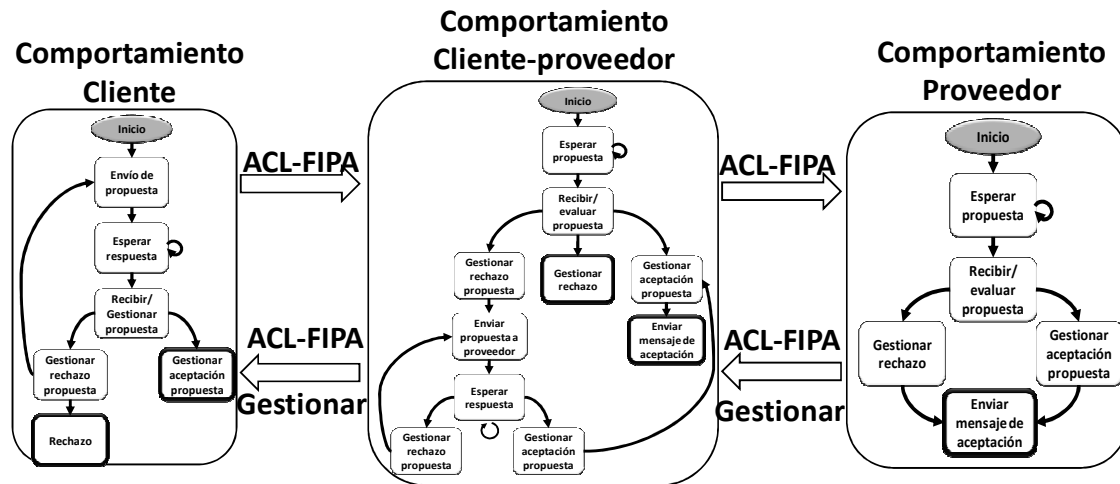


Figura 46. Flujo de información del proceso de planificación colaborativa en la cadena de suministro.

Los acuerdos se pueden referir a un resultado satisfactorio o simplemente que se han sobrepasado los límites de aceptación y, por tanto, se han detenido los procesos iterativos entre clientes y proveedores. En este sentido, los acuerdos en el nivel táctico apoyarán a los centros de decisión (es decir, a los decisores de la cadena de suministro) en las diferentes decisiones que se vinculan a los procesos de planificación (es decir, por ejemplo, se apoya la generación de respuestas aceptables a las preguntas qué?, cuánto? y cuándo fabricar o producir?). A continuación, se presenta la visión tecnológica del modelo conceptual de planificación colaborativa para apoyar la elaboración de la arquitectura respectiva.

5.4.2.2 MODELO TECNOLÓGICO PARA LA ARQUITECTURA EMPRESARIAL

La vista tecnológica proporciona la perspectiva de los elementos y sus relaciones para apoyar la construcción y posterior implementación de los mismos. En este sentido, en el modelo tecnológico que soporta el proceso de planificación colaborativa desde un punto de vista descentralizado, se establece que cada nodo llevará a cabo sus propios procesos de toma de decisión y, además, de manera independiente. Por lo que, bajo la perspectiva de una topología de cadena de suministro genérica serán las definiciones y asociaciones de los comportamientos los que darán vida al proceso colaborativo en el entorno tecnológico (ver Figura 47). Mediante la implementación de los mismos se podrá generar una perspectiva dinámica y, por tanto, evaluar el comportamiento de manera empírica. Así, y en la misma línea de la definición de los mecanismos de comunicación bajo el estándar *FIPA*, el proceso de comunicación entre los nodos de la cadena de suministro se apoya en el protocolo *FIPA-ACL*, que proporciona la estructura y el lenguaje de los contenidos en los mensajes del proceso colaborativo.

Seguidamente, y de acuerdo con la Figura 47, el enlace entre la perspectiva física y la tecnológica viene dado por la definición adecuada de los comportamientos y, por tanto, de los estados en los que cada nodo de la cadena de suministro se podrá encontrar según el grado del progreso del proceso colaborativo. De esta manera, el proceso de planificación colaborativa establecerá, como flujo de información principal, el intercambio de los planes de la demanda como el motor principal de las acciones que apoyen los procesos de toma de decisión. Así, la Figura 47 ilustra cómo los nodos pertenecientes a diferentes cadenas de suministro (CS1, CS2 y CS3) se relacionan entre sí identificándose los de tipo C, C/P y P. Por lo que se observa que los comportamientos asociados se vinculan con el flujo de productos aguas arriba entre los nodos proveedores y clientes considerando, de forma distribuida, comportamientos y flujos de mensajes independientes para soportar la comunicación desde una perspectiva colaborativa descentralizada.

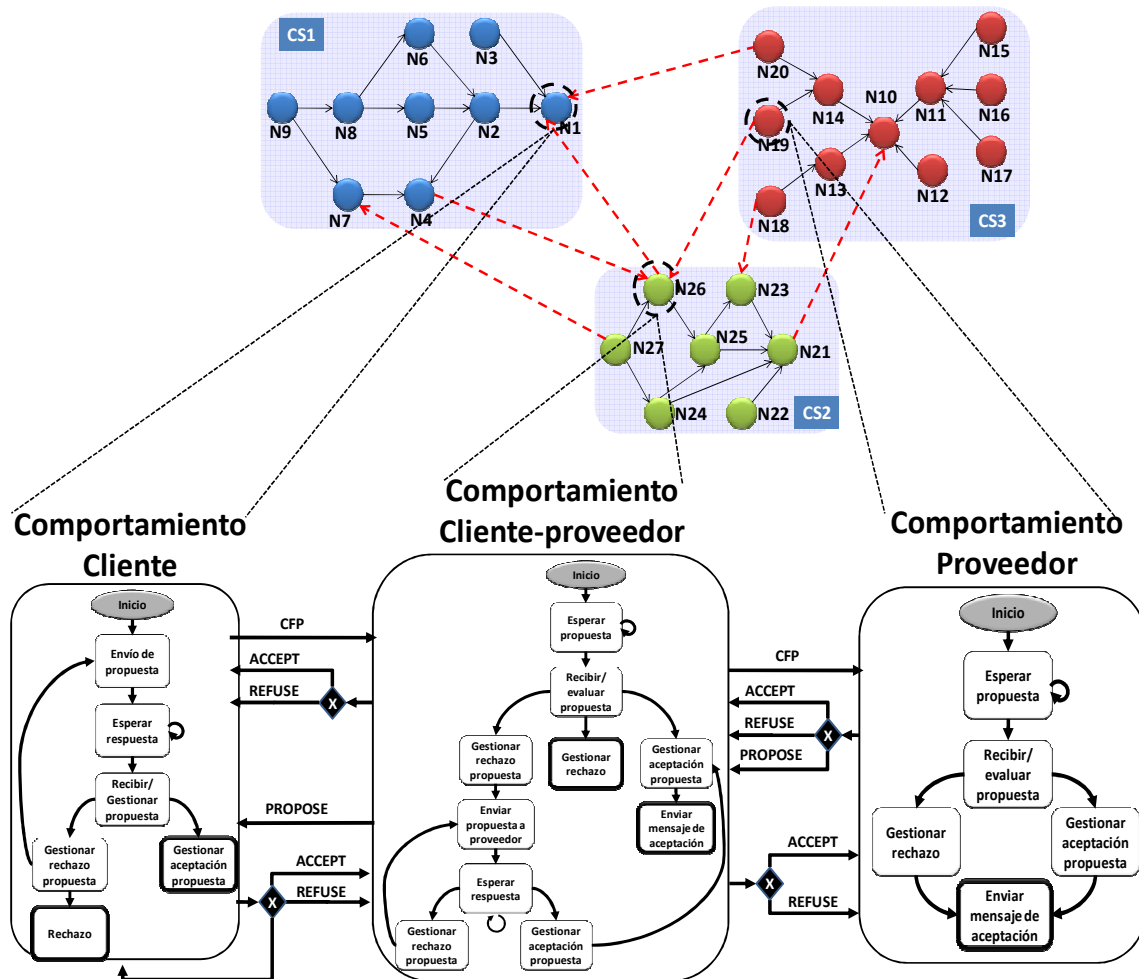


Figura 47. Comportamientos relacionados a la planificación colaborativa en cadenas de suministro.

Por lo tanto, respecto a la Figura 47, se establece que el comportamiento de cada agente, según se considere un rol tipo cliente, cliente-proveedor o proveedor, se puede caracterizar en tres tipos, el primero relacionado con las actividades en las que el nodo genera solicitudes (ofertas o propuestas) y espera recibir las respuestas correspondientes para evaluar;

el segundo relacionado con la espera de las propuestas, la recepción de las mismas y la generación de las respuestas correspondientes, así como la generación de las solicitudes y la espera de las respuestas para evaluar la generación iterativa de nuevas propuestas o, por otro lado, la generación de las respuestas al nodo cliente, mientras que el tercer y último tipo de característica se relaciona con la espera de la solicitud y la consiguiente generación de respuestas en el contexto *FIPA-ACL* (es decir, aceptar, rechazar o proponer).

De esta forma, la vista tecnológica (ver Figura 48) presenta una combinación entre el aspecto conceptual de los flujos de información y productos presentes en el proceso de planificación colaborativa en la cadena de suministro y los elementos tecnológicos soportados por los diagramas de clase, objetos, componentes y despliegue.

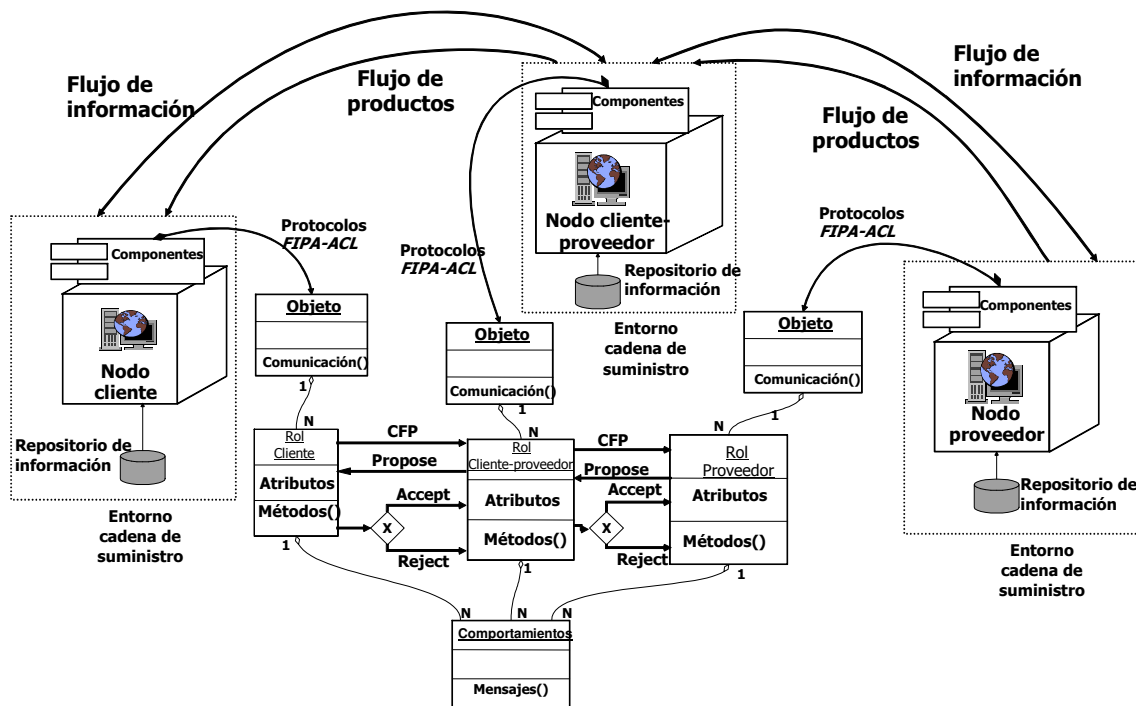


Figura 48. Arquitectura del proceso de planificación colaborativa en cadenas de suministro.

En relación con lo ya establecido, y desde la perspectiva del modelado de la cadena de suministro, el modelo tecnológico (Figura 48) basado en los componentes, objetos, atributos, métodos y el despliegue de los mismos en los diferentes nodos que participan en el proceso de planificación colaborativa no sólo representa a cada nodo y sus relaciones, sino que también el proceso intrínseco del intercambio de información entre estos nodos. Sin importar la complejidad de la topología de la cadena, la perspectiva tecnológica proporciona un soporte genérico para el tratamiento tecnológico del proceso de planificación colaborativa. Esto se sustenta en el hecho que el modelo propuesto (Figura 48) considera tres nodos de la cadena de suministro (clientes, cliente-proveedor y proveedores) que se pueden

encontrar en cualquier tipo de topología de cadena. Además, la perspectiva descentralizada de la colaboración establece que los repositorios de información están asociados a cada nodo de manera independiente, apoyando así el flujo transparente de información entre los nodos que realizan la planificación de sus procesos soportada por las ontologías correspondientes que, en este caso, se refieren a la definición de los contenidos de los mensajes para promover el intercambio de información iterativo entre los nodos.

Por tanto, respecto al proceso de anticipación que la colaboración puede proporcionar, existe el denominado proceso de previsión donde los nodos, según la información pasada (históricos), puede realizar proyecciones de comportamientos para establecer los mecanismos de anticipación para responder de una manera más eficiente a los posibles cambios, en muchas ocasiones abruptos, del entorno. Así pues, la siguiente sección se centra en describir la arquitectura desde un punto de vista integrado, en relación con los elementos principales identificados y definidos para la arquitectura de referencia de la planificación colaborativa desde la perspectiva conceptual y tecnológica.

5.4.3 ARQUITECTURA DE REFERENCIA PARA EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN COLABORATIVA DESCENTRALIZADA EN CADENAS DE SUMINISTRO.

La arquitectura de referencia, así como las de los procesos colaborativos específicos expuestas en los apartados anteriores, bajo la perspectiva del intercambio de la información entre los nodos de la cadena de suministro, consideran de forma independiente que cada nodo, o conjunto de ellos, según las relaciones colaborativas que consideren o no, podrán intercambiar la información más precisa, por ejemplo a largo plazo, con tal de apoyar sus procesos de gestión y, por tanto, los procesos de toma de decisión. El único punto de conexión es el que se basa en la información contenida en los planes de la demanda. Así, el plan de la demanda es el soporte fundamental para el proceso de planificación colaborativa.

En esta misma línea, la Figura 65 presenta cómo los diferentes procesos de colaboración se relacionan, desde un punto de vista jerárquico, con las demás estructuras definidas para la generación de la arquitectura de referencia y las consiguientes arquitecturas particulares de los procesos colaborativos particulares. Esto, en función de los componentes y el despliegue de las mismas, bajo la perspectiva tecnológica de la arquitectura. También se destaca el hecho que la consideración de las diferentes topologías resulta ser un bloque aparte dado que la propuesta se centra en la identificación de los roles y comportamientos de manera independiente a la topología de la cadena de suministro.

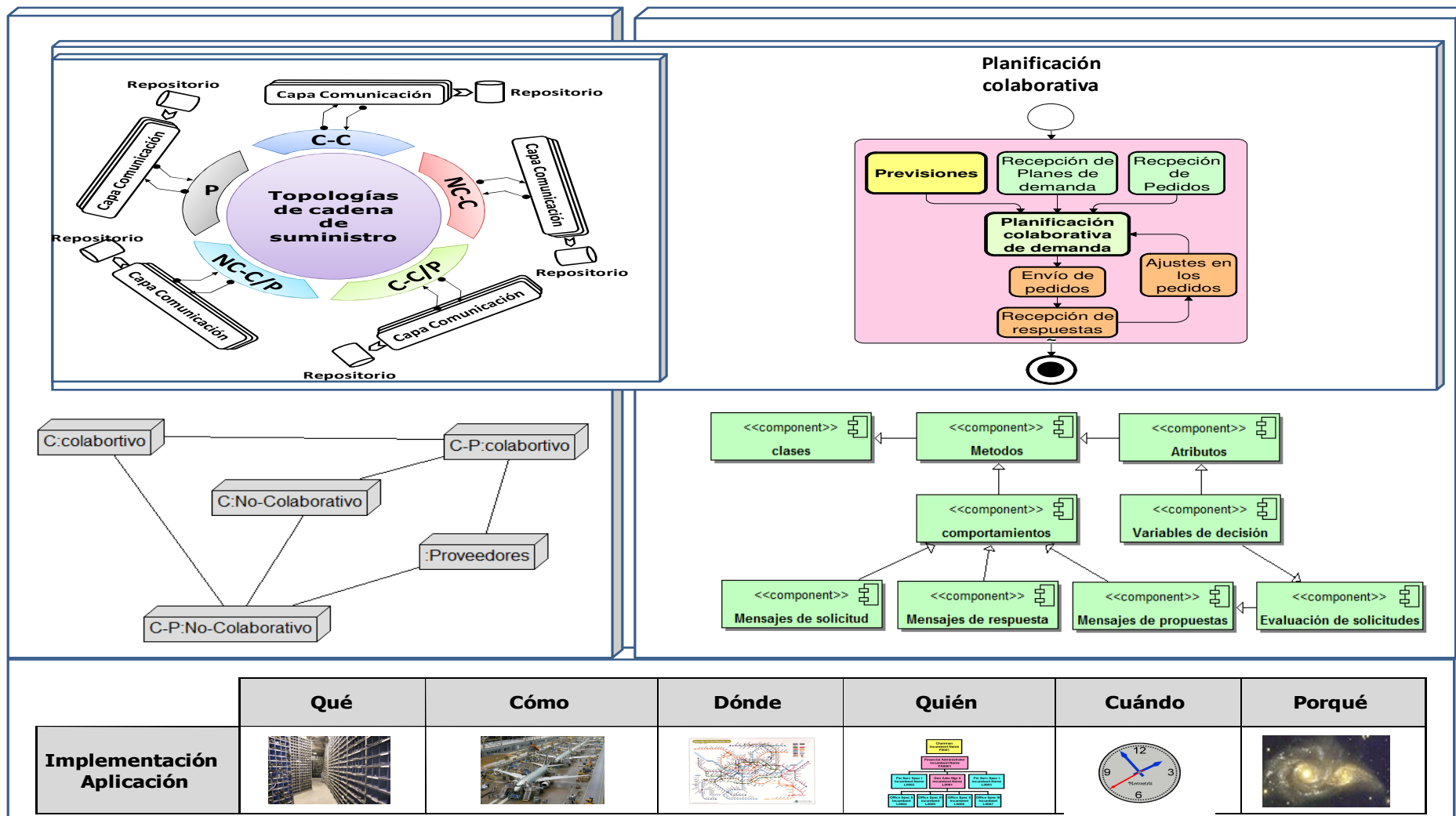


Figura 49. Visión integrada de la arquitectura de referencia para soportar el modelado de los procesos colaborativos en la cadena de suministro bajo una perspectiva descentralizada.

En este contexto, la utilidad de la identificación de la topología de la cadena de suministro es de especial importancia para la definición de los requerimientos tecnológicos denle el flujo físico de la información y la gestión de los repositorios de la información. También, para dar soporte a los diferentes componentes que han ido apareciendo a lo largo de la descripción de los elementos de la arquitectura de referencia así como en las arquitecturas particulares de los procesos colaborativos de la cadena de suministro. Así, finalmente, se establece que de manera independiente a las arquitecturas particulares, a partir de la instanciación de los elementos definidos en la arquitectura de referencia, se podrán identificar, definir y expresar diferentes tipos de procesos colaborativos vinculados a una u otra topología de cadena de suministro. En esta visión integrada se presenta, a modo de resumen, cómo se vinculan las diferentes arquitecturas particulares, los elementos que resultan ser transversales a estos, cómo son los elementos físicos y tecnológicos, y cómo apoyará la posterior implementación/validación de la propuesta que se expresa, en mayor detalle, en el Capítulo 6 y el Capítulo 7, respectivamente.

5.5 CONCLUSIONES

En el presente Capítulo se ha desarrollado una arquitectura de referencia basada en el Framework Zachman con tal de apoyar, desde un punto de vista estándar, el orden de los diferentes elementos de la arquitectura propuesta. Para esto, se ha tenido especial cuidado en el desarrollo de la misma dado que, desde el punto de vista del modelado a tres capas que se considera (es decir, conceptual, lógico y tecnológico) se requiere disponer de total claridad en relación con las entradas y salidas de cada bloque interrelacionado con otros del mismo nivel o de diferentes niveles. Por lo tanto, también se ha establecido una metodología de modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada. Esta metodología es una extensión de la metodología desarrollada por **Hernández *et al.* (2008)**. Para esto, se han estudiado las definiciones y los conceptos relacionados con el desarrollo de los modelos conceptuales en cadenas de suministro, así como también las diversas topologías de cadenas de suministro consideradas en el Capítulo 2. De esta manera, la metodología de modelado conceptual compuesta de las Fases: visualizar, analizar, conceptualizar, modelar, validar, corregir y proponer, se extiende para aplicarse al estudio de la colaboración en cadenas de suministro teniendo en cuenta los flujos de productos, información y decisiones que consideran los nodos de la cadena donde se llevan a cabo los procesos colaborativos. Para esto, se tienen en cuenta los flujos de productos, información y transporte para los procesos de planificación, respectivamente.

Cabe señalar, además, que las siete fases establecen los requerimientos, los fundamentos y las líneas de acción para el desarrollo del modelado conceptual. Así es como la metodología se aplica al estudio de los procesos colaborativos en cadenas de suministro. Este estudio se ha orientado al dominio del modelado de una cadena de suministro que

considera una perspectiva colaborativa para soportar el proceso de planificación en cuanto a la recolección de la información así como a la generación y la distribución de los planes de la demanda asociados. Por lo tanto, el estudio de este tipo de dominio implica la consideración de las topologías de cadena de suministro, las entidades relacionadas con los procesos de negocios vinculados con ésta (entidades internas, entidades internas adicionales, entidades externas y centros de distribución) así como la identificación del equipo desarrollador y el equipo de trabajo circunscrito a los nodos de la cadena. De igual manera que la metodología, de **Hernández *et al.* (2008)**, se considera el estudio y la definición de los conceptos que apoyan la descripción del dominio de acuerdo con los flujos de productos, información y decisiones relacionados, así como la identificación de las herramientas de modelado orientadas a la construcción de los modelos conceptuales. Finalmente, la metodología consigue un modelo conceptual de referencia para el modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro bajo una perspectiva descentralizada y además brinda propuestas de mejora considerando los factores críticos obtenidos durante el desarrollo del modelo conceptual.

Otro aspecto destacable de la metodología es la Fase del modelado. Esta fase se orienta a la construcción y/u obtención de un modelo conceptual de referencia que proporcione los elementos y las relaciones a tener en cuenta para soportar los procesos de planificación de la producción y el transporte desde un punto de vista descentralizado. Así mismo, el modelo contempla que la planificación se lleva a cabo por cada nodo que, de igual manera, considerará los tres flujos relacionados (flujo de productos, información y decisión). El flujo de productos es el que suministra la información y activa los demás flujos a partir de las necesidades de las entidades de la cadena de suministro vinculadas a los procesos del flujo de productos. De esta manera, los flujos considerados por los nodos estarán en función de los asociados al proceso colaborativo que cada nodo, de forma descentralizada, es capaz de considerar independientemente.

La vinculación de los flujos en cuestión dependerá del tipo de topología y, más aun, de las configuraciones y características que los nodos respectivos presenten. Por lo cual estos vínculos estarán determinados por cómo el flujo de productos, por medio de los requerimientos de los usuarios, interactúa con los demás flujos (de información y de decisiones). El flujo de productos interactuará con el flujo de información a través de interfaces que permitan al usuario filtrar de manera mejor sus requerimientos y la información que se le proporciona. Respecto al nexo de unión entre el flujo de productos y el flujo de decisiones, el vínculo estará establecido por los requerimientos que se deben satisfacer, para lo cual en función de la información que se tenga del proceso se deberán tomar las decisiones correspondientes.

En el contexto de los procesos colaborativos de la planificación, la previsión se desarrollará en base a un acuerdo mutuo entre el fabricante y el proveedor, de modo que ambos intercambian la información para ajustar sus previsiones. De esta manera, se ha identificado el hecho implícito que todo lo

relacionado con la se encuentra como un sub-estudio del análisis de las problemáticas relacionados con la planificación colaborativa. Por lo que la propuesta de este Capítulo se presenta como una aportación a las escasas aportaciones que especifican estas relaciones, para una colaboración descentralizada, de manera explícita.

Respecto a la arquitectura de referencia, la definición de la misma ha sido apoyada por el Framework estándar de Zachman donde, bajo varios puntos de vista, los elementos definidos en la metodología de modelado han sido considerados para expresar cada una de las perspectivas circunscritas a las diferentes vistas. Se destaca el hecho que para la definición de los diferentes modelos se ha establecido, de forma genérica, que los nodos participantes serán de tres tipos, los de tipo cliente, cliente-proveedor y proveedor, así como de tipo colaborativo y no-colaborativo. Por lo que, en base a estas consideraciones se ha construido la correspondiente arquitectura de referencia para el soporte del modelado de los procesos colaborativos y sus respectivas arquitecturas particulares para mostrar la aplicabilidad, de la misma.

REFERENCIAS

1. Aguilar-Saven, R.S. (2004). Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics* 90, pp. 129-149.
2. Aviv, Y., 2001. The effect of collaborative forecasting on supply chain performance. *Management Science* Vol. 47 No. 10, pp. 1326-1343.
3. Booch, G., Rumbaugh, J. y Jacobson, I., (1999) *The Unified Modelling Language User Guide*. Addison-Wesley, USA.
4. Boma (1996) Process definition, available at <http://www.sesh.com/procdef.html>. (Accedido el 29 de Septiembre de 2010)
5. BPMN (2010). BPMN Information Home. www.bpmn.org (accedido el 29 de Septiembre de 2010)
6. Chen, P. P. (1976). The entity-relationship model—toward a unified view of data. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/320434.320440>.
7. Chen, D., Doumeingts, G. y Vernadat, F. (2008). Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry*, Vol. 59, pp. 647–659.
8. Choi, T.Y. y Hong, Y. (2002). Unveiling the structure of supply networks: case studies in Honda, Acura, and DaimlerChrysler. *Journal of Operations Management*, Vol. 5 No. 5, pp. 469-93.
9. Chopra, A.K. y Singh, M P. (2006). Producing compliant interactions: Conformance, coverage, and interoperability. En *Lecture Notes in Computer Science*, Matteo Baldoni and Ulle Endriss Springer (Ed.) Vol. 4327, pp. 1-15.
10. Dorador, J.M. y Young, R.I.M. (2000). Application of IDEF0, IDEF3 and UML methodologies in the creation of information models. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 13 No. 5, pp. 430-445.
11. Erengüç, S.S., Simpson, N.C. y Vakharia, A.J. (1999). Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review. *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, pp. 219–236.
12. FIPA (2010). FIPA ACL Message Structure Specification. Foundation for intelligent physical agents. <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/> (Accedido el 25 de Octubre de 2010).
13. Fornara, N y Colombetti, M. (2003). Defining interaction protocols using a commitment-based agent communication language. En *proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems table of contents*, pp. 520-527. Melbourne, Australia.
14. Gentil, M.H., Merle, C., Ducq, Y. y Doumeingts, G. (2002). Using GRAI Perf to design and implement a quality performance indicator

- system in accordance with the new ISO 9000:2000 standards. Artículo presentado en 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol.3, pp. 5, Octubre. 2002.
15. Giannoccaro, I. y Pontrandolfo, P. (2001), Models for supply chains management: A taxonomy. Proceedings of the Production and Operations Management 2001. Conference POMS mastery in the new millennium, Orlando, Florida, USA.
 16. Halpin, T.A. (2001). Information Modeling and Relational Databases: From Conceptual Analysis to Logical Design. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, USA.
 17. Hernández, J.E., Mula, J. y Ferriols, F.J. (2008). A reference model for conceptual modeling of production planning processes. Production Planning and Control, Vol. 19 No. 8, pp. 725-734.
 18. Hernández, J.E., Poler, R. y Mula, J. (2009). A supply chain architecture based on multi-agent systems to support decentralized collaborative processes. En: Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks, Springer (Ed.), pp. 128-135.
 19. Hernández, J.E., Poler, R. y Mula, J. (2010). An Interoperable enterprise architecture to support decentralized collaborative planning processes in supply chain networks. Springer (Ed.), pp. 213-224.
 20. Helms, M.M., Ettkin, L.P. y Chapman, S. (2000). Supply chain forecasting – collaborative forecasting supports supply chain management. Business Process Management Journal, Vol. 6 no. 5, pp. 392-407.
 21. Hoberman, S. (2009), Data modeling made simple. Technics publications, 2nd edition, LLC 2009.
 22. Holt, A., et al. (1983) Coordination systems technology as a programming environment. Electrical Communication 57 (4), pp. 307–314.
 23. IDEF (2003) Family of Methods web page: <http://www.idef.com>. (Accedido el 25 de Octubre de 2010).
 24. IFAC–IFIP Task Force (1999). GERAM: Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology, Version 1.6.3, IFAC–IFIP Task Force on Architecture for Enterprise Integration, 1999.
 25. ISO 15704 (2000). Industrial Automation Systems—Requirements for Enterprise-reference Architectures and Methodologies.
 26. Kouvelis, P. y Gutierrez, G.J. (1997). The news vendor problem in a global market: Optimal centralized and decentralized control policies for a two-market stochastic inventory system. Management Science, Vol. 43, pp. 571–585.

27. KQML. (2010). Knowledge Query and Manipulation Language. <http://www.csee.umbc.edu/research/kse/kqml/whats-kqml.html> (Revisado el 31 de Octubre 2010).
28. Lakin, R., Capon, N. y Botten, N. (1996) BPR enabling software for the financial services industry. *Management services*, 40, no. 3, pp. 18-20.
29. Lapede, L. (1999), New developments in business forecasting, *The Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, Vol. 18 no. 3, pp. 24-25.
30. Pérez, M. y Molpeceres, A (2002) Arquitectura empresarial y software libre, *J2EE*. <http://www.javahispano.org/licencias/> (accedido el 17 de Noviembre de 2010).
31. Meng, Q., Huang, Y. y Cheu, R.L. (2009). Competitive facility location on decentralized supply chains. *European Journal of Operational Research*, Vol. 196, pp. 487–499.
32. Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Soonhoong, M., Nix, N.W., Smith, C. D., y Zacharia, Z. G. (2001), Defining supply chain management, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22 No. 2, pp. 1-25.
33. Montgomery, D.C., Johnson, L.A. y Gardiner, J.S. (1990). *Forecasting and Time Series Analysis*, McGraw-Hill, New York.
34. NIST, 1993, Integration Definition for Function Modeling (IDEF0). <http://www.idef.com/IDEF0.html> (Accedido el 29 de Septiembre de 2010).
35. OSI (2010). The Open Source Initiative. <http://www.opensource.org/docs/osd> (Accedido el 03 de Noviembre de 2010)
36. Peterson, J.L. (1977). Petri Nets, *Computing Surveys*, Vol 9, No. 3.
37. Prakash, A. y Deshmukh, S.G. (2010). Horizontal Collaboration in Flexible Supply Chains: A Simulation Study. *Journal of Studies on Manufacturing*, Vol.1 No. 1, pp. 54-58.
38. Raghunathan, S., (1999). Interorganizational collaborative forecasting and replenishment systems and supply chain implications. *Decision Sciences*, Vol. 30, No 4, pp. 1053–1071.
39. Rizo, R., Llorens, F. y Pujol, M. (2004). Arquitecturas y Comunicación entre Agentes. pp. , 181-214, Universidad de Alicante. En <http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/asignaturas/AI/docs/ACA.pdf> (Revisado el 31 de Octubre de 2010).
40. Rogers, Y. y Lindley, S. (2004). Collaborating around vertical and horizontal large interactive displays: which way is best?. *Interacting with Computers*, Vol. 16, pp. 1133–1152.
41. Russell, N., ter Hofstede, A.H.M., Edmond, D. y van der Aalst, W.M.P. (2004). *Workflow Resource Patterns*. BETA Working Paper

- Series, WP 127, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2004.
42. Sarmiento, A.M. y Nagi, R. (1999). A review of integrated analysis of production-distribution systems. *IIE Transactions*, Vol. 31, pp. 1061–1074.
43. SAP (2010). www.sap.com. (Accedido el 01 de Noviembre de 2010),
44. Schmuller, J. (2001). *Aprendiendo UML en 24 horas*. Prentice Hall. México.
45. Schnetzler, M.J., Sennheiser, A. y Schönsleben, P. (2007). A decomposition-based approach for the development of a supply chain strategy. *International Journal of Production Economics*, Vol. 105, pp. 21–42.
46. Selim, H., Araz, C. y Ozkarahan, I. (2008). Collaborative production–distribution planning in supply chain: A fuzzy goal programming approach. *Transportation Research Part E*, Vol. 44, pp. 396–419.
47. Stefanovic, D., Stefanovic, N. y Radenkovic, B. (2009). Supply network modelling and simulation methodology. *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 17 No. 4, pp. 743-766.
48. Tannenbaum, A.S. (1998). *Redes de Computadoras*, (Prentice-Hall).
49. Triantis, J.D. (2001). Collaborative forecasting: an intra-company. *The journal of business forecasting*, Winter, pp. 13-14.
50. Tucat, M. y García, A.J. (2007). Alternativas para Definir Protocolos de Interacción basadas en Compromisos. 9no. Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2007), Ed. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, pp. 16-20.
51. Uçkun, C., Karaesmen, F. y Savaş, S. (2008). Investment in improved inventory accuracy in a decentralized supply chain. *International Journal of Production Economics*, Vol. 113, pp. 546–566
52. UML (2010). Documents Associated With UML Version 2.0. <http://www.omg.org/spec/UML/2.0/> (accedida el 18 de Noviembre de 2010).
53. Yolum, P. y Singh, M.P. (2004). Reasoning about commitments in the event calculus: An approach for specifying and executing protocols. *Annals of mathematics and artificial intelligence*, Springer (Ed.), Vol. 42, No. 1-3, pp. 227-253.
54. Yue, X. y Liu, J. (2006). Demand forecast sharing in a dual-channel supply chain. *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, No. 1, pp. 646-667.
55. Zachman, J.A. (1997). *Enterprise Architecture: The Issue of the Century*. *Database Programming and Design*, pp. 44-53.
56. Zimmermann, H.J. (1987). *Fuzzy set decision making and expert systems*. Ed. Kluwer Academic Publishers.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DE UNA HERRAMIENTA
BASADA EN SISTEMAS
MULTIAGENTE PARA
SOPORTAR EL PROCESO DE
LA PLANIFICACIÓN DE LA
PRODUCCIÓN COLABORATIVA
EN LA CADENA DE
SUMINISTRO

CAPÍTULO

6

ÍNDICE – CAPÍTULO 6

6. Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro	537
6.1 Introducción	537
6.2 Diseño de la herramienta.....	540
6.2.1 Requerimientos operativos (Por Qué).....	542
6.2.2 Procedimientos y documentación de los sistemas, modelos o procesos (Cómo)	543
6.2.2.1 Clases para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa.....	545
6.2.2.2 Componentes para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa	554
6.2.3 Funcionamiento de los sistemas de repositorios de información (Qué)	557
6.2.4 Entidades y sus roles (Quién).....	562
6.2.5 Gestión de mensajes (Dónde).....	565
6.2.6 Programación de operaciones del sistema, modelo o proceso (Cuándo)	567
6.3 Implementación de la herramienta para soportar el proceso de planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro utilizando los sistemas multiagente.....	570
6.3.1 Características de la implementación	571
6.3.2 Los agentes de apoyo al procesos de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro	575
6.3.2.1 Los agentes.....	580
6.3.3 Los repositorios de información	585

6.3.3.1	Repositorios MySQL.....	586
6.3.3.2	Repositorios MsAccess	588
6.3.4	El entorno de la herramienta basada en sistemas multiagentes	593
6.4	Aplicabilidad de la herramienta basada en sistemas multiagente en las diferentes topologías de cadena de suministro	598
6.4.1	Topología de tipo diádica	599
6.4.2	Topología de tipo secuencial	600
6.4.3	Topología de tipo jerárquica	602
6.4.4	Topología de tipo árbol.....	603
6.4.5	Topología de tipo rueda.....	606
6.4.6	Topología de tipo red.....	608
6.5	Conclusiones	611
	Referencias.....	613

ÍNDICE – FIGURAS

Figura 1.	Carga o esfuerzo para el desarrollo de una herramienta informática según la metodología RUP (modificado de RUP (2003)).	541
Figura 2.	Dimensión Framework Zachman para soportar el diseño y la implementación de la herramienta para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.....	542
Figura 3.	Caso de uso de la herramienta para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.....	545
Figura 4.	Clase cliente.....	546
Figura 5.	Clases cliente-proveedor.	548
Figura 6.	Clase proveedor.....	548
Figura 7.	Clase control.	549
Figura 8.	Clase gestión MySQL.	549
Figura 9.	Clase gestión MsAccess®.....	550
Figura 10.	Ontologías para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.	550
Figura 11.	Clases de la herramienta para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.....	553
Figura 12.	Componentes UML para soportar la planificación colaborativa.	554
Figura 13.	Esquema de repositorios de información para el sistema funcional que da soporte al proceso de planificación de la producción colaborativa.	558

Figura 14. Modelo de objetos para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa.....	563
Figura 15. Diagrama UML de secuencia de los objetos que soportan la planificación de la producción colaborativa.....	566
Figura 16. Programación de las operaciones para los diferentes nodos genéricos identificados para gestionar el proceso de la planificación de la producción colaborativa.	568
Figura 17. Configuración genérica de cadena de suministro para el proceso de planificación de la producción colaborativa.	570
Figura 18. Diagrama entidad relación para el proceso de la planificación colaborativa en cadenas de suministro.	572
Figura 19. Mecanismo para el proceso de la planificación colaborativa....	573
Figura 20. Modelo SQL del mecanismo colaborativo para el proceso de la planificación de la producción.	575
Figura 21. Ciclo de vida de los agentes.	577
Figura 22. Componentes de los agentes.....	578
Figura 23. Entorno de interacción de los agentes.....	579
Figura 24. Configuración física de los repositorios para cada nodo en la cadena de suministro.....	585
Figura 25. Repositorio de datos de entrada y registro de respuesta en MySQL.....	586
Figura 26. Repositorios de soporte al mecanismo colaborativo en MsAccess®.	588
Figura 27. Datos de salida en MsAccess®.	591
Figura 28. Comportamientos genéricos JADE (Adaptado de JADE (2011)).	594
Figura 29. Visión entorno distribuido JADE (Fuente original: JADE (2011)).	595
Figura 30. Entorno de la herramienta.....	596
Figura 31. Agente Sniffer y el flujo de mensajes de la herramienta.	597
Figura 32. Interfaz MySQL para el registro del LOG.....	597
Figura 33. Interfaz de apoyo al proceso de toma de decisión.	598
Figura 34. Estructura de la topología tipo diádica.	599
Figura 35. Estructura de la topología tipo secuencial.	600
Figura 36. Estructura de la topología tipo jerárquica.....	602
Figura 37. Estructura de la topología tipo árbol.....	604
Figura 38. Estructura de la topología de tipo rueda.	606
Figura 39. Estructura de la topología de tipo red.....	608

ÍNDICE – TABLAS

Tabla 1. Caso de uso del acceso a la información.	543
Tabla 2. Caso de uso de la gestión de los repositorios.	544
Tabla 3. Caso de uso de la gestión de mecanismos.	544
Tabla 4. Caso de uso de la planificación de la producción.	544
Tabla 5. Ontologías para soportar la planificación de la producción colaborativa.	551
Tabla 6. Proveedores de respuesta de vectores, parámetros y variables... ..	562
Tabla 7. Acciones y ciclo de vida de los agentes.....	576
Tabla 8. Descripción genérica de los métodos de las clases de los agentes.	580
Tabla 9. Especificaciones implementación agentes en cadena tipo diádica.	599
Tabla 10. Especificaciones implementación agentes en cadena tipo secuencial.	600
Tabla 11. Especificaciones de la implementación de agentes en la cadena de tipo jerárquica.....	602
Tabla 12. Especificaciones de la implementación de los agentes en la cadena de tipo árbol.....	604
Tabla 13. Especificaciones de la implementación de los agentes en la cadena de tipo rueda.....	606
Tabla 14. Especificaciones implementación agentes en cadena tipo red. ..	608

6. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA BASADA EN SISTEMAS MULTIAGENTE PARA SOPORTAR EL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN LA CADENA DE SUMINISTRO

6.1 INTRODUCCIÓN

El diseño y la implementación de una herramienta computacional es una de las áreas relevantes de la ingeniería del *software* y, por tanto, un área que se encuentra en constante evolución por los avances tecnológicos que aparecen de forma continua. Así, de un periodo a otro, la forma de implementar los desarrollos puede variar en función de este factor tecnológico. Así, para un desarrollo efectivo, es importante considerar tanto una organización como una sistematización de cada uno de los procesos seleccionados para su implementación. Para efectos del presente capítulo se tendrá en cuenta el proceso de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro. Por lo que se requiere la formalización de este proceso en el ámbito del desarrollo de la herramienta. Esto implica establecer los ciclos de vida de los procesos y los hitos de cada actividad de desarrollo. Adicionalmente, es importante destacar que el diseño se orienta a responder el interrogante de qué hacer, mientras que la implementación responderá a la pregunta de cómo hacerlo.

La variabilidad en los tipos de procesos, así como la necesidad de una definición genérica de estas herramientas (con tal de que sean fácilmente mantenibles, adaptables y mejorables), hace que el diseño y la implementación sea considerada como una de las fases más críticas en el desarrollo de herramientas informáticas de *software*. Por lo tanto, se requieren estándares de modelado y desarrollo que den soporte a estos procesos que serán implementados en las empresas. Por esta razón, siguiendo el Capítulo 5, se tendrá en cuenta el *Framework* Zachman (Zachman, 1997) para soportar el modelado de los diferentes elementos de las fases de diseño e implementación. Desde el punto de vista del *Framework*, no existirá un orden secuencial para el desarrollo de las diferentes fases, o etapas, del diseño y la implementación. No obstante, se tendrán en cuenta los elementos básicos para el diseño y la implementación así como sus relaciones. Estos elementos son el entorno, los modelos, las estructuras de datos, las relaciones, los mecanismos y las tecnologías donde la herramienta que se desarrolla tiene validez funcional.

En la herramienta que se presenta en este capítulo, el entorno que se tiene en cuenta es el de cadena de suministro. Este entorno, para el diseño e implementación, considera un grupo de nodos que tomar sus decisiones de producción intercambian información para soportar la colaboración entre ellos. Por lo tanto, desde esta perspectiva, las decisiones vinculadas con la planificación de la producción se orientarán a favorecer el cumplimiento oportuno de la demanda del cliente final. Para esto, la herramienta deberá soportar los requerimientos de integración entre los diferentes nodos de la

cadena. Desde el punto de vista tecnológico del modelado, según ya visto en el Capítulo 4, la cadena de suministro podrá ser modelada como una red de agentes autónomos (**Wadhwa et al., 2008**), donde las acciones de cada nodo, tales como, pedidos, envíos, recepciones, producción, etc., tendrán en cuenta los vínculos y las restricciones comunes entre ellos. Con el fin de apoyar estas relaciones entre los nodos, se considera que cada nodo o agente posee sus propios objetivos, la mayoría de ellos se relacionados con los procesos de mejora de los beneficios de cada nodo así como de la cadena completa. Es por esto que los procesos colaborativos que surgen, por ejemplo, al compartir información, implicarán un incremento de la calidad, una reducción de los costes, favorecerá entregas más puntuales y, por lo tanto, la generación de operaciones eficientes y la coordinación eficaz de las actividades (**Soosay et al. 2008**).

Adicionalmente, el diseño e al implementación de la herramienta para el proceso de la planificación, de la producción colaborativa deberá considerar, tal y como lo plantean **Dudek y Stadtler (2007)**, que el nivel de colaboración en la cadena de suministro dependerá de si los miembros de ésta están dispuestos a compartir e intercambiar la información necesaria para apoyar su proceso de planificación. Por otra parte, según lo establecido en el estudio de **Hernández et al. (2010)**, otro factor a tener en cuenta en relación con la gestión la cadena de suministro, es si la colaboración considera una orientación de tipo clásica o centralizada o una perspectiva descentralizada (ver Capítulo 2). Es respecto a esta última perspectiva donde la herramienta generará su mayor aportación para garantizar una interacción independiente de los nodos de la cadena de suministro. Esto implica, necesariamente, la consideración de tecnologías de la información adecuadas para apoyar estos procesos donde cada nodo considera su propio plan de producción de intercambio de la información y toma de decisión. En este contexto, y tal como indicado en el Capítulos 3 y el Capítulo 4, una de las tecnologías de la información más robusta para el para el diseño e la implementación de estos procesos colaborativos y descentralizados son los sistemas multiagente (**Jung et al., 2008**). Estas tecnologías, desde varios puntos de vista, se destacan por considerar en sus enfoques de desarrollo las perspectivas de la colaboración y descentralización de los flujos de información, por ejemplo, en las cadenas de suministro. Por otra parte, en el contexto de la planificación en la cadena de suministro, los sistemas multiagente implican una perspectiva clave para coordinar los nodos de la cadena de suministro (**Sadeh et al., 1999**).

A partir de estas consideraciones, es necesario una definición adecuada del diseño así como una selección oportuna de la tecnología de información. La herramienta se presenta como un soporte al modelado del proceso colaborativo de la planificación de la producción teniendo en cuenta procesos iterativos de negociación entre los diferentes niveles de la cadena. Por lo tanto, la contribución principal se puede ver desde dos perspectivas. En primer lugar, se presenta el diseño de los componentes principales de la herramienta para presentar la perspectiva técnica de los procesos colaborativos y descentralizados en la cadena de suministro. Para esto se

utiliza un proceso MRP estándar para representar la toma de decisión de los nodos y, por tanto, apoyar al modelado de los comportamientos de los agentes. En segundo lugar, se presentan los elementos y las líneas relevantes para la implementación de la herramienta en un entorno genérico de cadena de suministro. Además, se señalan las potencialidades de la herramienta para su implantación en las diferentes configuraciones de cadenas de suministro analizadas en el Capítulo 2. Posteriormente, en el Capítulo 7, se valida la herramienta a través de diferentes ejemplos numéricos en una cadena de suministro tipo árbol.

La estructura de este capítulo es como sigue. En primer lugar, se presenta el diseño de la herramienta desde un punto de vista funcional. Para esto se detallan las vistas diferentes del *Framework Zachman* para la sexta dimensión (modelado en detalle). A continuación, se describen cada una de las perspectivas para establecer: el qué, el cómo, el dónde, el quién, el cuándo, y el porqué. Para esto, se utiliza el lenguaje de modelado UML. Seguidamente, se aborda la implementación de la herramienta. Para ello, se entregan explicaciones técnicas del desarrollo y se presentan los métodos y atributos principales vinculados a los objetos y las clases presentadas en la fase de diseño. En este contexto se muestra la fase de aplicación desde la perspectiva genérica de la cadena de suministro para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa y, luego en la sección 4, se presentan las líneas de aplicabilidad para las topologías de cadena de suministro proporcionadas en el Capítulo 2. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones y líneas de futuras de investigación identificadas.

6.2 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA

La mayoría de los desarrollos de herramientas informáticas suelen ser complejos. Esta complejidad viene dada por las características cambiantes de los entornos tecnológicos. Esto quiere decir que las herramientas que se generen deben ser de adaptables. En caso contrario, corren el riesgo de quedarse obsoletas. Así, uno de los factores importantes para el diseño será la definición de estrategias de modelado, captura de requerimientos, etc. Comúnmente estas estrategias consideran el hecho de dividir la problemática en varios sub-problemas menores bajo el concepto de “divide y vencerás”. En este contexto, surgieron los enfoques estructurados que descomponían el problema en funciones o procesos. No obstante, la visión estructurada se encuentra cada vez más en desuso debido a que la generación, mantenimiento y reconstrucción del código resulta muy costosa. Como solución a esto, surge la noción de objeto como un paradigma para soportar las fases de diseño e implementación. Para el diseño, los objetos se presentan como estructuras estándares que engloban y describen los conceptos de una entidad funcional es desde un punto de vista genérico. Así, uno de los puntos fuertes de los objetos, es que éstos permiten su reutilización y mantenimiento rápido. Finalmente, cuando estos objetos incorporan los conceptos de comportamiento y gestión de mensajes, es cuando se establece el paradigma del agente.

El diseño de una herramienta informática no es una tarea nueva y, por tanto, para soportarla existen muchos estudios, lenguajes de modelado y metodologías que la soportan. Una de las más relevantes es la metodología unificada de desarrollo de procesos racionales establecida por IBM, empresa líder mundial en el desarrollo de software, también conocida como *Rational Unified Process* o RUP (**RUP, 2003**). Esta metodología tiene cuatro fases: inicio, elaboración, construcción y transición. La fase de construcción, específicamente la implementación, es la que más esfuerzo requiere, tal como mostrado en la Figura 1. Este ha sido un factor a tener en cuenta en el desarrollo del diseño e la implementación de esta herramienta.

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

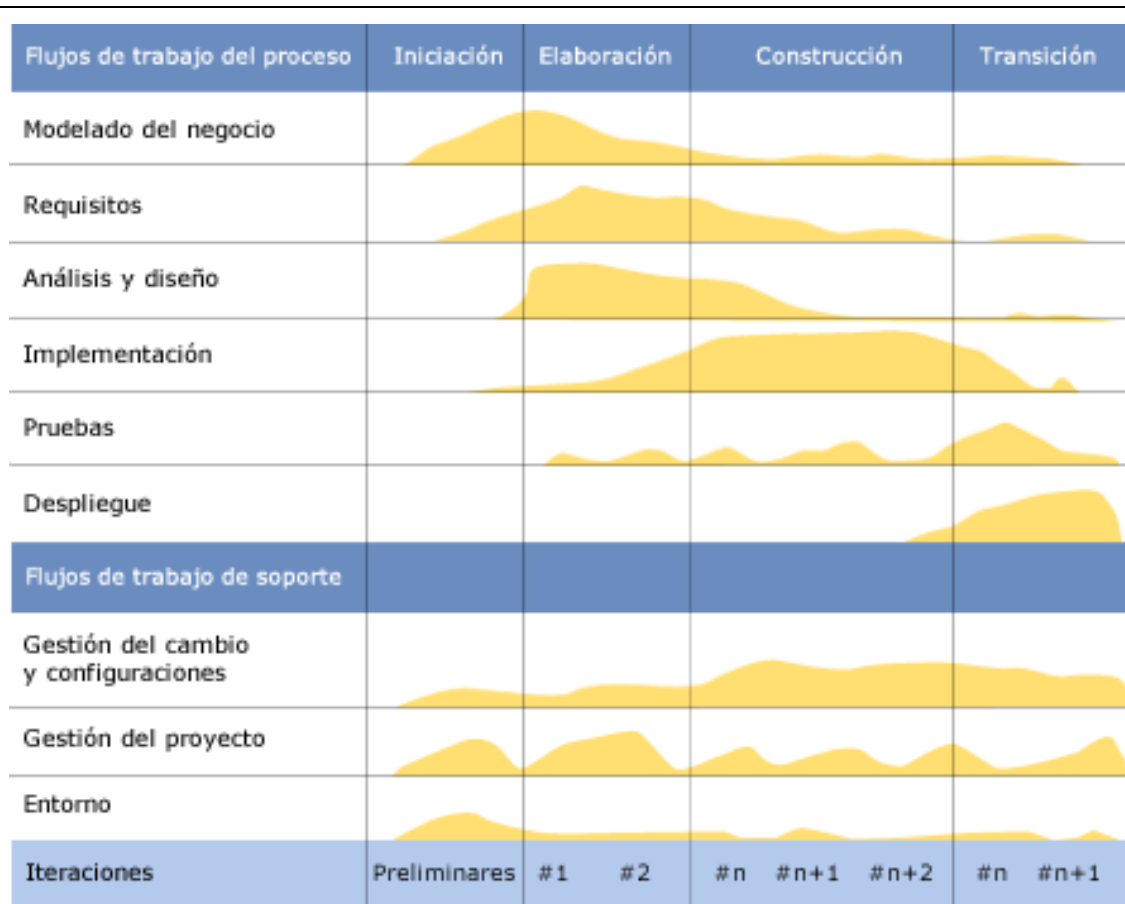


Figura 1. Carga o esfuerzo para el desarrollo de una herramienta informática según la metodología RUP (modificado de RUP (2003)).

No obstante, para evitar inconsistencias en la implementación, la fase de diseño sigue siendo una de las más críticas del desarrollo. Esto se debe a que la única oportunidad de evaluar si lo planteado en a fase de diseño funciona, es aplicarlo. Y es en esta transición cuando se pueden requerir posibles mejoras o modificaciones, lo que conlleva incluso el riesgo de generar una fase de diseño interminable.

De esta manera, la fase de diseño requiere, necesariamente, una división jerárquica de actividades o procesos en otras más pequeñas que soporten las implementaciones futuras. Esta división podrá considerar los elementos siguientes:

- **Requerimientos.** Son una descripción de las especificaciones de un producto. Aquí, se identifican las necesidades reales desde el punto de vista del cliente, o de quien va a utilizar la herramienta. En este caso particular, se establecen los requerimientos principales para soportar el proceso de la planificación de la producción por los decisores de cada nodo.
- **Situación actual.** Se establecen los soportes tecnológicos disponibles para la herramienta y cómo éstos se pueden vincular y/o adaptar.
- **Metas.** Establecimiento de objetivos a conseguir con la aplicación de la herramienta. En este caso particular, los objetivos son, por un lado,

proporcionar un mecanismo automático para la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro utilizando sistemas multiagente y, por otro lado, establecer mecanismos de coordinación y negociación de modo que se incrementen los beneficios tanto de los nodos como de toda la cadena de suministro en situaciones en las que, en condiciones normales, los nodos optan por retrasar la demanda.

- **Funciones del sistema.** Éstas son las actividades que el sistema o la herramienta debe desarrollar. Para esto, se identifican las funciones y sus reglas en cuanto a las acciones y los comportamientos.
- **Atributos del sistema.** Éstos representan las características del sistema. Estas cualidades se conocen con el nombre de no funcionales. La mayoría de los atributos de un sistema consideran restricciones o condiciones obligatorias.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta la arquitectura genérica basada en el *Framework Zachman* (ver Figura 2), la definición de los elementos y las estructuras se establecen con diferentes niveles de detalle y abstracción. Con lo cual, el diseño de la herramienta se podrá cuenta cabo desde un punto de vista genérico en función de los elementos y las fases que se consideren. Así, como ya mencionado anteriormente, esta fase de diseño considera la quinta dimensión del *Framework Zachman*.







	Datos (Qué)	Funciones (Cómo)	Red (Dónde)	Personas (Quiénes)	Tiempo (Cuándo)	Motivación (Por qué)
Representación detallada (fuera de contexto)	Modelos de datos, flujos y bloques de los procesos colaborativos de planificación de la cadena de suministro					
						

Figura 2. Dimensión Framework Zachman para soportar el diseño y la implementación de la herramienta para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.

Por lo tanto, los siguientes sub-aparados se centran en describir las líneas fundamentales para el diseño y la implementación de la herramienta . Específicamente, en la fase de implementación se señalarán las instancias correspondientes a cada elemento del diseño. Esto con la finalidad de apoyar el desarrollo de los experimentos en el Capítulo 7.

6.2.1 REQUERIMIENTOS OPERATIVOS (POR QUÉ)

El primer bloque del *Framework Zachman* que se describe es el de las motivaciones. Es decir, se definen los motivos, los objetivos y, por tanto, “el por qué” del desarrollo de la herramienta. En este caso, la motivación principal proporcionar una herramienta que, por un lado, apoye el proceso automático de la planificación de la producción en múltiples niveles de la cadena de suministro y, por otro lado, sea fácilmente adaptable a los diferentes requerimientos de los decisores de la cadena. Con esto se favorecerá un proceso de toma de decisión independiente y descentralizado.

Para ello se requiere el establecimiento de los requerimientos adecuados para que, en primer lugar, la herramienta proporcione

mecanismos estándar para la planificación de la producción y, en segundo lugar, que permita su instalación en diferentes entornos y plataformas teniendo en cuenta repositorios de información diferentes para cada nodo de la cadena de suministro.

Respecto a los requerimientos, es importante destacar que éstos definen lo que la herramienta va a hacer. Estas herramientas también se suelen llamar sistemas. Por lo tanto, en lo que sigue, se hará un uso indistinto de un u otro término. Los requerimientos dependerán de una serie de factores como, por ejemplo, del tipo de sistema que se quiera desarrollar, los posibles usuarios y el enfoque general que se quiera considerar según la estructura organizativa del entorno. El objetivo principal es describir los flujos de información, las entradas, las salidas y las restricciones de modo que sea compatible con los requerimientos de los usuarios y el desarrollo del mismo sistema.

6.2.2 PROCEDIMIENTOS Y DOCUMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS, MODELOS O PROCESOS (CÓMO)

Desde el punto de vista del diseño de la herramienta, se consideran una serie de aspectos para recolectar la información para definir el cómo se debe diseñar ésta. Principalmente se tendrán en cuenta cuatro aspectos que, de manera genérica. Es importante destacar que las definiciones de los elementos consideran una inclusión gradual e incremental respecto a los requerimientos técnicos para soportar el desarrollo de la herramienta. Así, estos cuatro aspectos se definen, por tanto, desde el punto de vista del usuario en base al modelo UML de casos de uso (Figura 3).

- **El acceso a la información.** Este caso de uso modela la información será obtenida en el momento oportuno por los diferentes componentes de la herramienta. Estos componentes son todos aquellos que soporten el proceso de la planificación de la producción. Las especificaciones de este caso de uso se ven en la Tabla 1.

Tabla 1. Caso de uso del acceso a la información.

Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. Se inicia cuando algún mecanismo requiere gestionar un flujo de información, ya sea para enviar o recibir. Estas informaciones se relacionarán con los planes de demanda y los precios de compra respectivos que los clientes les proponen a sus proveedores.	1. El sistema genera como resultado una gestión adecuada de los flujos de información. 2. El sistema soporta el acceso sincronizado a la información.

- **La gestión de los repositorios.** Este caso de uso modela las actividades vinculadas con la gestión de los repositorios de información. Es decir, se tienen en cuenta las actividades que

velan por la integralidad de las bases de datos respecto a las estructuras y los datos que contienen. Las especificaciones de este caso de uso se ven la Tabla 2.

Tabla 2. Caso de uso de la gestión de los repositorios.

Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. Se encuentra presente durante todo el proceso de la planificación de la producción.	1. El sistema genera como resultado avisos de comprobación de que los accesos a las bases de datos son correctos. 2. El sistema genera avisos de problemas de conexión o errores en el acceso a los datos.

- **La gestión de mecanismos.** Este caso de uso tiene que ver con el tratamiento que los usuarios realizan a los diferentes mecanismos para soportar el proceso de la planificación de la producción. Principalmente, se encarga mantener de la interoperabilidad entre los flujos de información de los mecanismos, o comportamientos (ver Tabla 3).

Tabla 3. Caso de uso de la gestión de mecanismos.

Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. Actúa cuando algunos de los mecanismos se activa.	1. El sistema señala cuándo un mecanismo se encuentra en ejecución.
2. Gestiona que los mecanismos se puedan activar tanto en paralelo como de forma secuencial según lo requiera el proceso.	2. El sistema genera avisos para señalar que el proceso ha terminado satisfactoriamente.
3. Gestiona cómo los mecanismos se vinculan con los repositorios diferentes del proceso.	3. El sistema presenta interfaces gráficas que permiten una interacción con los usuarios.

- **El proceso de planificación de la producción.** El caso de uso este proceso se centra en gestionar las entradas y salidas principales que el proceso requiere. Éstas entradas y salidas, en conexión con los casos de uso de acceso a la información, gestión de los repositorios y gestión de mecanismos, serán las que definen cuándo y cuánto fabricar, principalmente, teniendo en cuenta la interacción entre clientes y proveedores para intercambiar las respuestas (ver Tabla 4).

Tabla 4. Caso de uso de la planificación de la producción.

Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. Comienza cuando el decisor de la cadena de suministro activa el	1. El sistema despliega las opciones para obtener la producción

<p>sistema y vincula los repositorios con el mecanismo en ejecución.</p> <p>2. El usuario o decisor, no interviene mucho con el proceso es comúnmente estándar.</p>	<p>semanal de materia prima para cada centro productivo de materia prima.</p> <p>2. El sistema captura y registra la producción semanal de materia prima para cada centro de producción en la base de datos.</p>
---	--

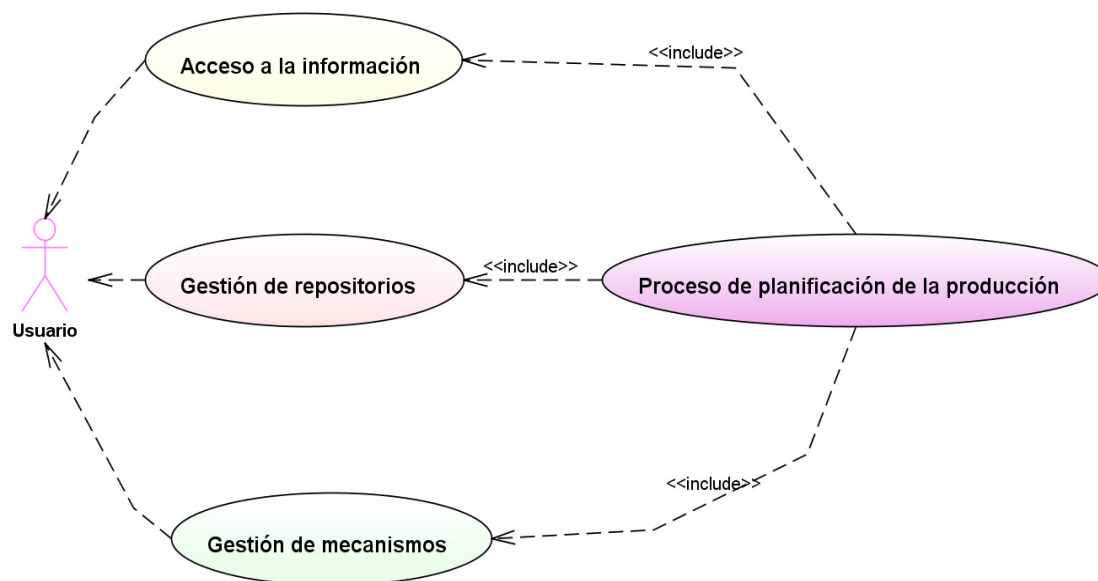


Figura 3. Caso de uso de la herramienta para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.

Por lo tanto, desde el punto de vista genérico de la definición de los casos de usos, es posible visualizar que el proceso de la planificación de la producción se debe presentar como un mecanismo estándar y adaptable. En este caso particular, se soportará por la gestión de la información, los mecanismos y los repositorios de la información (Figura 3).

6.2.2.1 CLASES PARA SOPORTAR EL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA

La planificación de la producción colaborativa considera aspectos como la información que se intercambia así como los diferentes actores que la transmiten y reciben para soportar sus procesos de toma de decisión. En función del diseño de la herramienta y, bajo la perspectiva UML de modelado, se definen las clases principales que darán soporte a la definición de los objetos, las instancias, los atributos y los métodos. Según esto, se podrán capturar las estructuras y comportamientos comunes entre todos los objetos del sistema. Principalmente, se ha de tener en cuenta que los objetos serán, prácticamente, las entidades encargadas de ejecutar los procesos de planificación y, por tanto, las que se encarguen de generar la información relevante para sus clientes y proveedores en la cadena de suministro. La

ventaja de definir las clases del proceso y, por ende, del sistema, es que permite agrupar las tareas así como encontrar las relaciones entre ellas.

Respecto a los flujos de información, el requerimiento principal es que éste se coordine, por un lado, con el acceso a los repositorios de información y, por otro lado, con los mecanismos del proceso de la planificación de la producción. Por lo tanto, se requerirán una serie de agentes que puedan soportar estos requerimientos. El concepto de agente, desde la perspectiva del diseño, es entendible como la particularización de cada clase y la definición de los comportamientos correspondientes. Según la arquitectura genérica definida en el Capítulo 5, los nodos de la cadena de suministro serán los de tipo, cliente, cliente-proveedor y proveedor. Éstas serán las clases fundamentales pues incorporarán de manera genéricas los métodos y atributos principales que soportarán la funcionalidad de la herramienta informática. Al mismo tiempo, definen otras clases con tal de soportar las acciones establecidas en el modelo de casos de uso de la herramienta (Figura 3). Éstas se relacionan con la definición de las ontologías para soportar la comunicación entre los agentes, la gestión de los repositorios y los contenedores de la información que se transmite de los clientes a los proveedores, así como la información de respuesta que se enviará desde los proveedores a los clientes.

- **Clase cliente.** Se caracteriza por incorporar los comportamientos (en adelante denominados *behaviours*), de modo tal, que el nodo estará dispuesto a generar pedidos y esperar una respuesta. En caso de no recibir una respuesta favorable, el nodo generará una nueva oferta económica para resolver la respuesta poco favorable por parte del proveedor. En términos de la definición de agentes, el vinculado a este primer nivel de la cadena de suministro se denomina “*AgenteSolicitante*” (Figura 4), y será una instancia de la clase cliente.



Figura 4. Clase cliente.

- **Clase cliente-proveedor.** Se caracteriza por incorporar los comportamientos, de modo tal, que el nodo estará dispuesto a generar pedidos y esperar una respuesta, así como también recibirá pedidos y generará respuesta. A esto es lo que se le denomina comportamiento dual. Esta clase es la que se presenta como la más genérica de todas y es la que se utilizará para replicar la mayoría de los nodos de la cadena de suministro. Respecto al proceso de la planificación de la producción, esta clase considera en sus comportamientos una máquina de estados que lidiará con las negociaciones por parte del cliente así como con las negociaciones que tenga con el

proveedor. Los *behaviour* de esta máquina se definen como siguen:

- **Estado 1 (*behaviourInicial*)**. Éste es el *behaviour* inicial. Recibe las necesidades del nodo cliente con el fin de incorporarlas a sus repositorios de información. De esta forma, las peticiones a los siguientes niveles se hace teniendo en cuenta los mecanismos de decisión individuales de cada nodo. Por lo tanto, la transición al siguiente estado se define en función de si el nodo está vinculado a más proveedores o no, o si al final del proceso se alcanza un acuerdo.
- **Estado 2 (*behaviourPrepareNegSec*)**. Este *behaviour* tiene que ver con las peticiones que se hacen a los nodos de segundo nivel. En este caso, el nodo evalúa si es necesario establecer nuevos procesos de negociación con sus proveedores para poder cumplir con la demanda de los clientes. La información principal se obtiene a partir de los repositorios de información y se envía a los proveedores correspondientes.
- **Estado 3 (*CNbehaviour*)**. Este *behaviour* se centra en preparar al nodo cliente-proveedor para recibir y analizar las respuestas que recibe de los proveedores. Además, se evalúa si se debe proceder con un segundo ciclo de negociaciones.
- **Estado 4 (*behaviourNegSecOk*)**. Define cuando se ha logrado un acuerdo y, por tanto, se detiene el proceso de negociaciones entre clientes y proveedores.
- **Estado 5 (*behaviourNegSecFail*)**. En este caso, el Estado 5 se consigue cuando ya no es posible seguir enviado propuestas a los proveedor, por ejemplo, por que se han alcanzado los valores máximos permitidos, porque algún proveedor haa abandonado el entorno, etc. En este sentido, si aun se necesitasen negociaciones, se volverá al Estado 1 y el proceso comienza de nuevo, de lo contrario el proceso termina definitivamente en este estado.
- **Estado 6 (*behaviourFin*)**. Este el *behaviour* del estado final. En este estad el nodo cliente-proveedor extrae toda la información de los repositorios y prepara su respuesta al cliente que le corresponda.

En este contexto, y teniendo en cuenta la definición de las instancias correspondientes para los estados de la máquina de estados, la instancia de la clase agente-proveedor se denomina “*AgenteProveedorNu1*” (Figura 5).

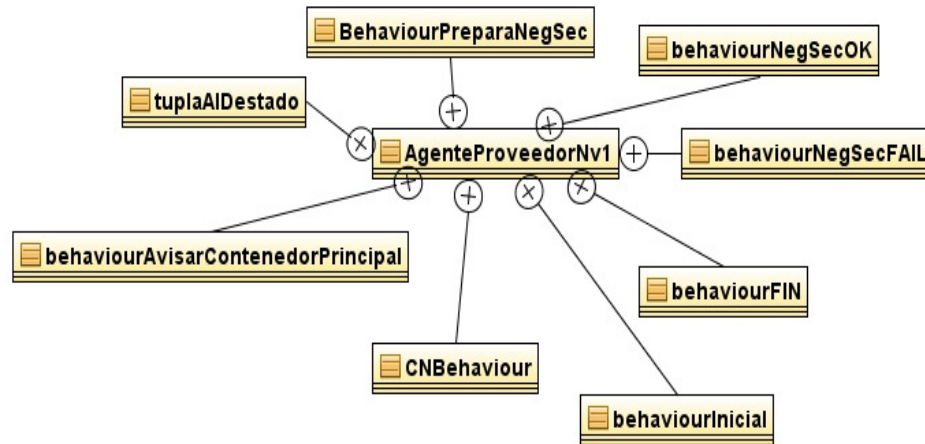


Figura 5. Clases cliente-proveedor.

Respecto a las clases “*tuplaAIDestado*” y “*behaviourAvisarContenedorPrincipal*”, es posible decir que la primera se define para almacenar y consultar los diferentes valores vinculados a cada estado del agente. Es decir, demandas, retrasos de demanda, inventarios, beneficios, etc., mientras que el segundo es para capturar el estado de activación del agente y transmitirlo al entorno donde se ejecutará la herramienta. En este contexto, y teniendo en cuenta la definición de las instancias correspondientes para los estados de la máquina de estados, la instancia de la clase agente-proveedor se denomina “*AgenteProveedorNv1*”.

- **Clase proveedor.** Se caracteriza por incorporar los *behaviours*, de modo tal, que el nodo estará dispuesto a recibir pedidos y generar respuestas. En cuanto a la definición de los agentes, el vinculado a este nodo del perteneciente al último nivel de la cadena de suministro se denomina “*AgenteProveedorNv2*” (Figura 6), y será una instancia de la clase proveedor. Tal como se ve en la Figura 6, este agente es el caso particular del “*AgenteProveedorNv1*”

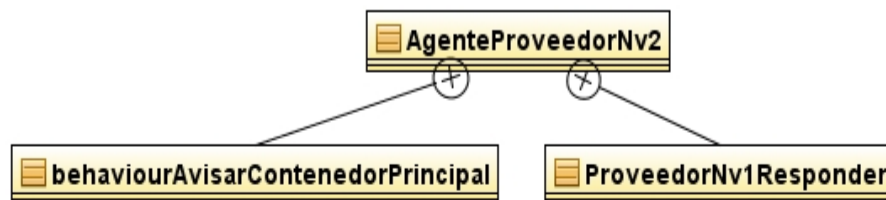


Figura 6. Clase proveedor.

- **Gestión de la plataforma.** Controla el entorno para que los agentes se puedan comunicar de forma “libre”. Naturalmente que esta comunicación estará condicionada por las relaciones que se hayan establecido entre éstos. Principalmente, se hablará del “*agenteControl*” (ver Figura 7). Este agente,

mediante la utilización de dos métodos, como son el de “*behaviourAvisar*”, para notificar a los demás agentes que la plataforma de comunicación está lista, y el de “*behaviourEsperaraAgentesRemotos*” para efectos de controlar el inicio del sistema hasta que todos los agentes se hayan incorporado al sistema, solo se ejecuta al inicio del proceso y luego permanecerá “dormido”.

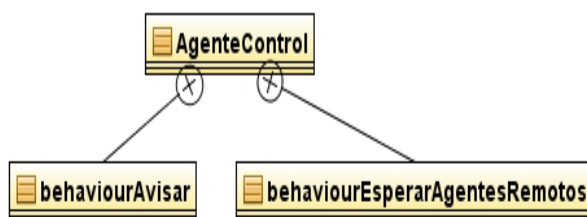


Figura 7. Clase control.

- **Gestión de acceso a la base de datos.** La gestión de los datos para el diseño y la posterior implementación de la herramienta. La primera orientación es la gestión de la de base de datos estándar y de tipo *OpenSource*. Esto quiere decir que el diseño debe contemplar una estructura genérica y versatil. Para esto, se ha optado por la base de datos MySQL (MySQL, 2011). Con lo cual, será la instancia (o agente) “*AgenteBDMysql*” (ver Figura 8) el que se encargue de gestionar todas las peticiones y consultas de la base de datos.

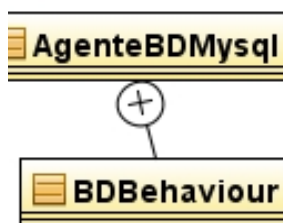


Figura 8. Clase gestión MySQL.

Seguidamente, también se considera otro tipo de base de datos que no es genérica ni estándar. Con lo cual el sistema podrá demostrar su robustez para soportar el intercambio de mensajes y los accesos a repositorios de información según diferentes perspectivas de bases de datos. Para esto, se considera la instancia “*AgenteBDAccess*” para emular los comportamientos de gestión de la base de datos MsAccess® (MsAccess, 2011).

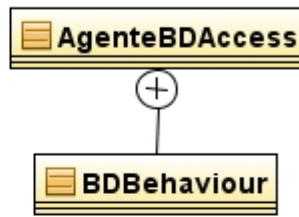


Figura 9. Clase gestión MsAccess®.

- Ontologías de comunicación.** Para soportar la comunicación se definen una serie de clases que contendrán todos los métodos para, por un lado, soportar el intercambio de información y, por otro lado, generar un proceso entendible para los agentes que quieren planificar su producción de manera colaborativa con los otros agentes pertenecientes a otros niveles y nodos de la cadena de suministro. Las ontologías en la definición de clases (ver Figura 10) presentan una gran aportación al entorno de comunicación. Esta aportación se incrementa cuando los entornos son de tipo distribuido y los agentes basan sus procesos en los resultados obtenidos tras enviar y recibir información respecto a los pedidos y las repuestas.

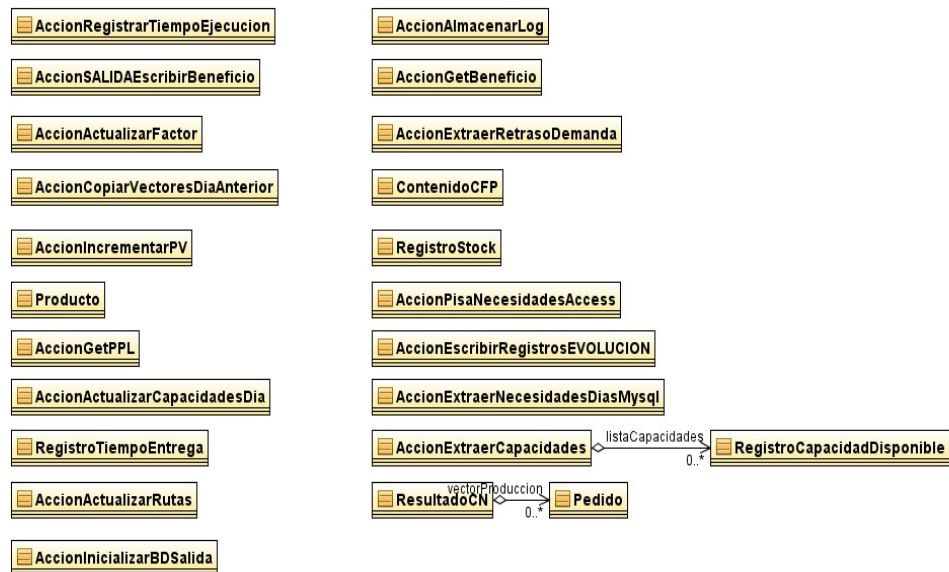


Figura 10. Ontologías para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.

La descripción de las ontologías (ver Tabla 5), en cuanto a su propósito y funcionalidad en relación con el proceso de la planificación de la producción colaborativa, se presenta a continuación. Cabe destacar que las ontologías proporcionan una solución estándar para abordar el problema de la comunicación entre los nodos, o agentes, de la cadena de suministro. Especialmente, cuando los lenguajes, o mecanismos de generación de mensajes no son los mismos entre ellos. Por lo que, la ontología servirá como un puente para soportar esta comunicación.

Tabla 5. Ontologías para soportar la planificación de la producción colaborativa.

Ontología	Descripción
AccionActualizarCapacidadesDia	Se gestionan los niveles de capacidad de cada nodo.
AccionActualizarFactor	Cada vez que se quiera iniciar una negociación, el incremento de factor dictaminará el incremento del precio nuevo.
AccionActualizarRuta	Actualiza toda la información en función de las capacidades, así como los costes de horas extra y tiempo ocioso.
AccionAlmacenarLog	Escribe en la base de datos MySQL los pedidos y respuesta de cada nodo de forma sincronizada y distribuida.
AccionCopiarVectoresDiaAnterior	Para una nueva iteración, se actualizan los valores actuales con los de la iteración anterior (si es requerido).
AccionEscribirRegistrosEVOLUCION	Se almacenan en MsAccess® las estadísticas principales del sistema.
AccionExtraerCapacidades	Para realizar los cálculos de planificación de la producción, se obtiene el vector capacidad disponible de cada nodo.
AccionExtraerNecesidadesDiasMysql	Se extraen las necesidades de demanda de la base de datos MySQL.
AccionExtraerRetrasoDemanda	Para la evaluación de propuestas, se extraen los valores del vector retraso de demanda.
AccionGetBeneficio	Se obtiene el beneficio del nodo.
AccionGetPPL	Se obtienen los pedidos planificados. Ésta es la demanda que un nodo cliente le envía a su nodo proveedor.
AccionIncrementarPV	Se incrementa el precio de venta, según el factor, cuando se quiere pagar más con tal de obtener una respuesta favorable por parte del proveedor.
AccionInicializarBDSalida	Se establece la conexión a la base de datos para leer los valores.
AccionPisaNecesidadesAccess	Se transmiten las necesidades a la base de datos MsAccess®.
AccionRegistrarTiempoEjecucion	Se registra el tiempo que tarda el sistema en llegar a un acuerdo global global en la cadena de suministro.

Ontología	Descripción
AccionSALIDAEscribirBeneficio	Se registra la evolución de los beneficios.
ContenidoCFP	Se almacenan los contenidos para el pedido que le hace el cliente al nodo cliente-proveedor.
Pedido	Se registran los pedidos.
Producto	Se registra el índice del producto el modelo de planificación de la producción.
RegistroCapacidadDisponible	Se registran las capacidades disponibles del nodo.
RegistroStock	Se registran los niveles de inventario del nodo.
RegistroTiempoEntrega	Se registran los tiempos entre negociación de los agentes.
ResultadoCN	Se almacenan los contenidos para el pedido que hace el cliente-proveedor al nodo proveedor.

Es decir, estas ontologías se mantendrán tan genéricas como sea posible. Por lo que, independientemente del nodo, la plataforma, el lenguaje de comunicación, etc., se podrán adaptar a cada entorno para ejecutar los procesos de planificación de la producción de forma independiente.

Finalmente, la Figura 11 señala la perspectiva global del modelo de clases para el diseño de la herramienta computacional.

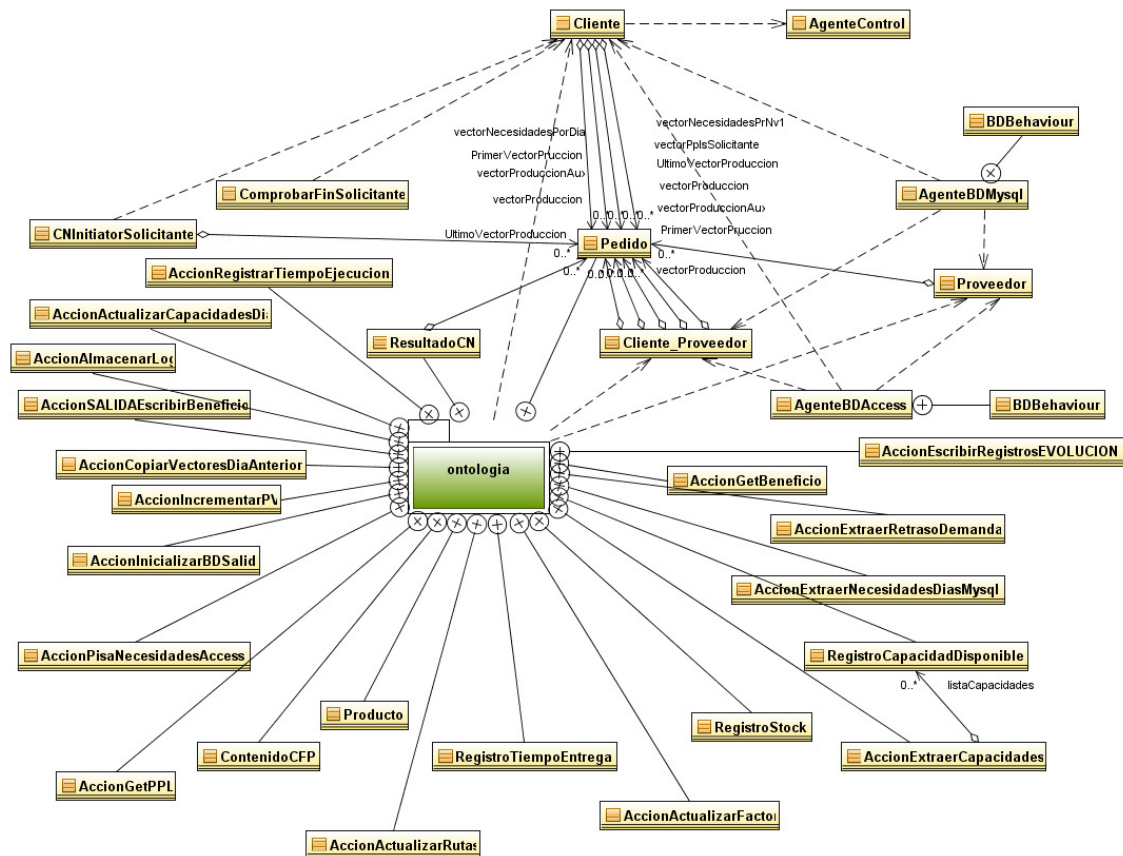


Figura 11. Clases de la herramienta para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.

De esta manera, tras la definición de las clases y sus relaciones, se podrán especificar los componentes principales que soportan, ya con más detalle, el diseño de la herramienta. Esto se presenta en la sub-sección siguiente.

6.2.2.2 COMPONENTES PARA SOPORTAR EL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA

El modelo de componentes presenta los elementos principales que se utilizarán para la construcción y el desarrollo de la herramienta. Un apoyo importante es el modelo de clases, ya que a partir de éstas se puede definir gran parte de los componentes del sistema. Es, por ello, que los componentes se podrán entender como elementos agregados de alto nivel para el desarrollo de componentes de *software*. Así, este enfoque de componentes se centra en el principio de establecer “cajas negras” en función de la necesidad del modelado o del modelador. De esta manera, los componentes del sistema podrán ayudar a: definir y generar requisitos, establecer las restricciones, generar de escenarios y soportar mecanismos de trazabilidad.

En cuanto al caso específico del proceso de la planificación de la producción colaborativa, la herramienta deberá contemplar un diseño, de modo tal, que se soporte su implementación en cualquier tipo de configuración de cadena de suministro (o topología). Al mismo tiempo, los componentes (ver Figura 12) deben ser independientes de la plataforma, los lenguajes, etc. Así, los componentes principales serán: la interfaz del usuario, el nodo de la cadena de suministro, los repositorios de información, la aplicación para el proceso de toma de decisión y las tecnologías de soporte a la comunicación.

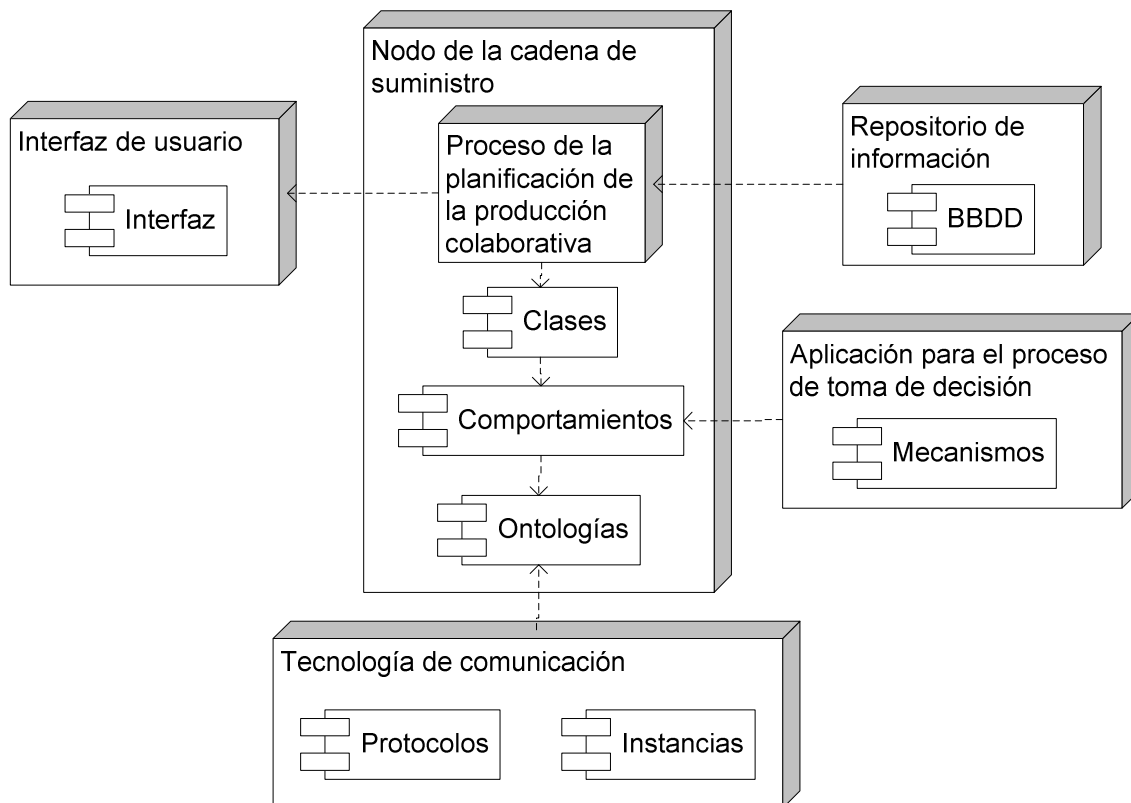


Figura 12. Componentes UML para soportar la planificación colaborativa.

Tal como se observa en la Figura 12, el modelo de componentes considera gran parte de las definiciones establecidas, por un lado, en la vista UML de casos de uso y, por otro lado, en la vista UML de clases. En este

sentido, la parte principal de la definición de componentes recae en que éstos deberán estar lo suficientemente integrados y, además, deberán ser lo suficientemente genéricos para que se puedan adaptar a cualquier tipo de configuración de cadena de suministro. En este caso, se asume que el mecanismo de planificación de la producción es un proceso genérico basado en un sistema MRP estándar. En base a esto, las entradas y salidas principales del proceso son conocidas, con lo cual los bloques UML se definen en función, no solo del soporte al proceso MRP, sino que también del comportamiento de la herramienta y su capacidad de interacción, tanto con los decisores de los diferentes nodos en la cadena de suministro, como con los diferentes sistemas que cada nodo considere. A continuación, se describe cada bloque.

- **Interfaz de usuario.** Apoya la comunicación entre los decisores y el sistema. Esta interfaz de usuario permitirá, entre otras cosas, dar inicio a los procesos, recolectar información y visualizar el flujo de mensajes entre los diferentes objetos y agentes.
- **Nodo de la cadena de suministro.** Este bloque engloba los *behaviour* principales que cada agente puede considerar. Por lo tanto, todas estas características se heredan tanto de los UML de casos de uso como del modelo UML de clases. Además, este bloque tendrá en cuenta los mecanismos apropiados para generar los modelos MRP correspondientes. Así, el proceso de la planificación de la producción colaborativa tendrá en cuenta en qué tipo de nodo se encuentra para valorar cómo se reacciona frente a los pedidos de los demás nodos.
- **Repositorio de información.** Tal como se vio en el modelo de clases, los componentes que se vinculan con los repositorios de información se orientarán a soportar la gestión de las bases de datos, o repositorios de información, con la idea de que el flujo de comunicación, que se soporta por estos repositorios, sea fluido y coherente. En el caso de la planificación de la producción, se requerirá definir las tablas y relaciones que den soporte a la gestión de las entradas y salidas de información que, de forma global, se gestionarán en este bloque.
- **Aplicación para el proceso de toma de decisión.** Por un lado, define cuánto se le va a pedir al proveedor y, por otro lado, en caso de no haber acuerdo, se decide si se optará o no por generar nuevas ofertas. Dependiendo del tipo de nodo que genere el pedido, ya sea cliente o cliente-proveedor. Así, habrá decisiones de tipo iterativas para los nodos cliente y cliente proveedor, y solo reactivas para el caso de los clientes tipo proveedor, quienes solo responden a un pedido y evaluarán, frente a incrementos en el precio, la viabilidad o no de generar una respuesta más favorable para el cliente.
- **Tecnología de comunicación.** Considera los mecanismos y protocolos de comunicación que, de forma precisa, soporten de forma estándar la comunicación entre los diferentes nodos de la cadena de

suministro. De esta manera, los procesos de comunicación que se establecen para los nodos de la cadena son compatibles con el protocolo FIPA-ACL (FIPA, 2011), que es un estándar de comunicación bien aceptado en el área de los agentes. Para la negociación, se tendrá en cuenta el protocolo *Contract-Net* del tipo *Call for proposal* (o CFP), que gestiona todo tipo de mensajes de petición para, seguidamente, permanecer a la espera de una respuesta para cada mensaje en particular. Por lo tanto, los mecanismos de comunicación definidos para cada agente podrán ser de generación de oferta CFP y recepción de las propuestas. La segunda alternativa se relaciona con la recepción de los mensajes tipo CFP y las propuestas y, finalmente, el último caso estará orientado a recibir las solicitudes de tipo CFP. Estos mensajes podrán generar respuestas del tipo aceptar, rechazar o proponer otra solicitud de tipo CFP.

6.2.3 FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REPOSITORIOS DE INFORMACIÓN (QUÉ)

El funcionamiento de los repositorios de información se diseña para soportar el acceso de los datos que cada nodo requiera. Teniendo en cuenta que el objetivo es apoyar la planificación de la producción desde una perspectiva colaborativa, los repositorios se deben coordinar tanto con los mecanismos de toma de decisión como con los flujos de información. En este sentido, el mecanismo de la planificación colaborativa deberá considerar una serie de entradas y salidas que, según la perspectiva de cadena de suministro descentralizada, se deberán coordinar para soportar de manera sincronizada los flujos, y por consiguiente, los requerimientos de información (ver Figura 13).

Para la perspectiva genérica del diseño de la herramienta, se han de definir los repositorios así como los atributos de cada uno. Para esto, lo importante es tener en cuenta las entradas y salidas de los diferentes repositorios. Además, se debe definir como éstas entradas pueden provenir de las salidas de otros nodos o como las salidas, en este mismo sentido, pueden servir de entrada de información para otros nodos. El concepto principal que se ha de tener en cuenta, es el que se ha definido en la arquitectura del Capítulo 5 en relación con los tres tipos de nodos que identifican los tres tipos de comportamientos genéricos para los nodos de la cadena de suministro. Además, desde esta perspectiva del diseño de la herramienta, existirán tres tipos de comportamientos identificados para cada agente, donde cada uno será una instancia de las clases cliente, cliente-proveedor y proveedor.

De esta manera, el mecanismo de planificación de la producción será de modo tal que, cada nodo cliente generará planes de demanda para cada nodo proveedor y, además, este mecanismo deberá estar dispuesto para incorporar las respuestas de los proveedores y volver a procesar los parámetros de entrada (en este caso, la demanda). Seguidamente, deberá estar dispuesto para, en caso de no recibir una respuesta afirmativa, aceptar la modificación de ciertos valores de forma dinámica. Esto para soportar las variabilidades del entorno y, por tanto, aceptar el hecho de que pueden haber nuevos ofrecimientos con tal de conseguir lo que el cliente quiere. También, teniendo en cuenta la forma en que los nodos se conectan a los repositorios de información, requerirán de un entorno que permita interconectar los flujos de información de los diferentes nodos de la cadena de suministro. Por lo que, cada nodo considerará su propio mecanismo de conexión a los repositorios de información. La idea principal de estos mecanismos es la de integrar las tecnologías que se orientan, por un lado, a la gestión de los datos y, por otro lado, a gestionar el proceso de la planificación de la producción desde un punto de vista colaborativo.

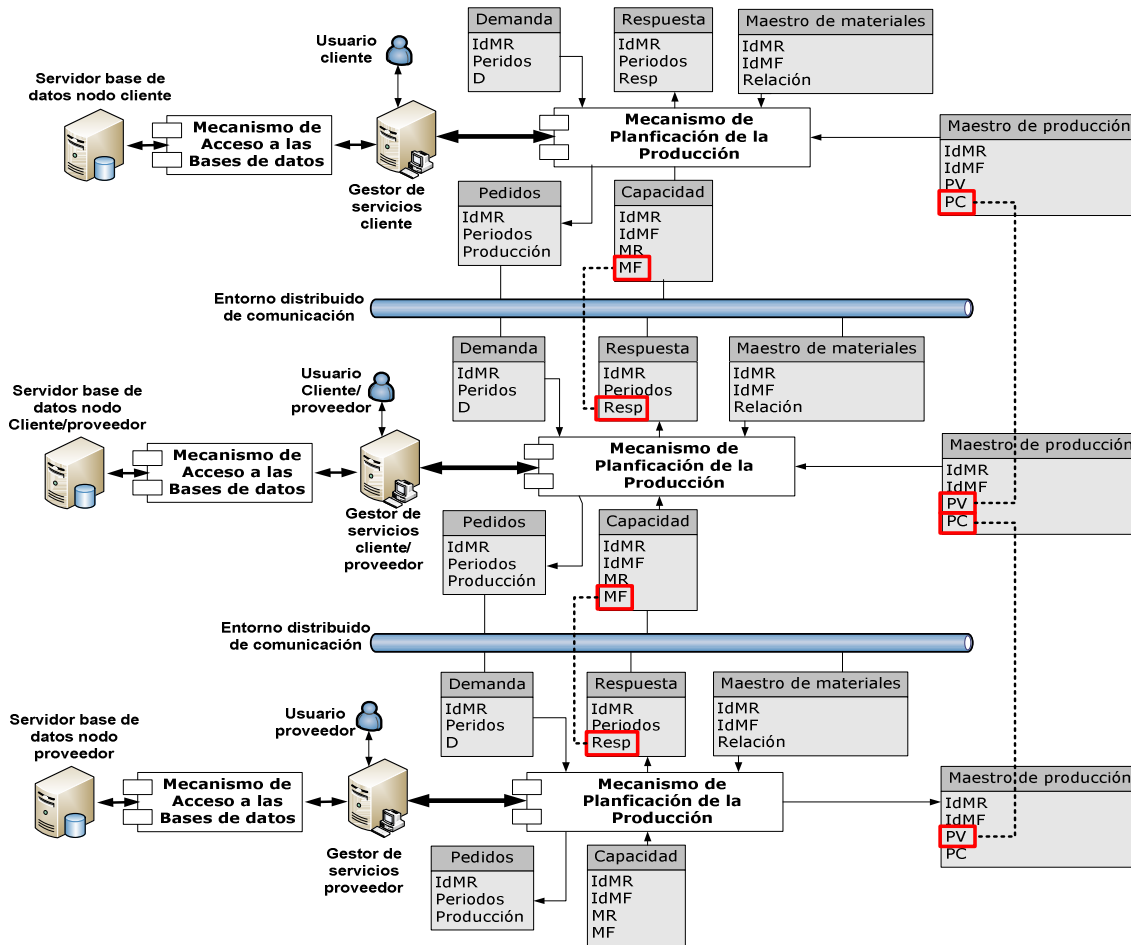


Figura 13. Esquema de repositorios de información para el sistema funcional que da soporte al proceso de planificación de la producción colaborativa.

Posteriormente, tal como se señala en la Figura 13, los componentes diferentes del entorno de repositorios de información, desde el punto de vista de la integración del sistema, deberán estar vinculados para soportar las interacciones de manera conjunta. Estos componentes se explican a continuación:

- **Servidor de base de datos.** Desde el punto de vista técnico de los repositorios de información, el servidor de base de datos es el que gestiona los servicios de las bases de datos entre los diferentes programas y ordenadores que conforman el entorno, por ejemplo, en un entorno del tipo modelo cliente-servidor. Por lo tanto, el servidor incorpora todas las herramientas necesarias para desarrollar dicha gestión y soportar los sistemas de administración de datos.
- **Mecanismos de acceso a las bases de datos.** En general, los repositorios de información, tienen el propósito de comunicarse con las bases de datos y, seguidamente, representar la información que ésta contiene. Por lo tanto, y desde un punto de vista genérico, estos mecanismos se podrían clasificar según su desempeño, la cantidad de recursos que requieren, la robustez, la portabilidad entre las plataformas, y los disponibles que se encuentran los controladores para acceder a los tipos de

bases de datos. En este caso, la herramienta se ha diseñado para soportar cualquier tipo de mecanismo, por ejemplo: Paradox, MsAccess®, MS SQL Server, MySQL, etc. Específicamente, en el Capítulo 7, el ejemplo de implementación considera tanto MsAccess® como MySQL.

- **Usuario.** Es el decisor del nodo de la cadena de suministro que se vincula con el proceso de la planificación de la producción.
- **Gestor de servicios.** Es el sitio físico donde residen las aplicaciones para gestionar los permisos, los accesos, las lecturas y las escrituras en los diferentes componentes de los repositorios de información. Cada gestor de servicios es independiente y considera sus propias reglas y restricciones. En este caso, el diseño de los repositorios se orienta a la utilización de MySQL y MsAccess®. El primero se orienta a las aplicaciones de tipo cliente-servidor y el segundo a las aplicaciones que se vinculan con los mecanismos de planificación de la producción.
- **Entorno distribuido de comunicación.** Es el que se encarga de gestionar el flujo de información entre los nodos de la cadena de suministro. Este flujo de información, en el contexto de entornos distribuidos, se conoce también con el nombre de mensajes. De esta manera, para soportar los mensajes que se intercambian se deben considerar reglas de comunicación. Éstas se denominan protocolos, los cuales se representan como capas de comunicación, que consideran sus propias reglas, metas y restricciones. Estas reglas y restricciones podrán ser más o menos complejas según las relaciones que existan entre los diferentes participantes, por ejemplo, de tipo uno a uno, uno a muchos, muchos a uno o de muchos a muchos. En el caso específico del estándar FIPA que se considera para este diseño, se considera además (teniendo en cuenta el estudio del Capítulo 4) la filosofía del desarrollo de agentes basada en el marco de trabajo de desarrollo JAVA (**JAVA, 2011**), también conocida como *Java Agent Development Framework*, o simplemente JADE (**Bellifemine et al., 2008**), de agentes para soportar la comunicación de las entidades. Lo importante es que los mensajes coincidan en los significados de los contenidos. Para esto, se utilizan los estándares de comunicación. En base a esto, según el estándar FIPA, se considerarán una serie de protocolos estándar que apoyen esta comunicación como son:
 - FIPA *Request Interaction Protocol Specification*.
 - FIPA *Query Interaction Protocol Specification*.
 - FIPA *Request When Interaction Protocol Specification*.

- FIPA *Contract Net Interaction Protocol Specification*.
- FIPA *Iterated Contract Net Interaction Protocol Specification*.
- FIPA *Brokering Interaction Protocol Specification*.
- FIPA *Recruiting Interaction Protocol Specification*.
- FIPA *Subscribe Interaction Protocol Specification*.
- FIPA *Propose Interaction Protocol Specification*.

Seguidamente, basad en la la filosofía JADE de agentes, cuyas especificaciones se encuentran en **Bellifemine et al., (2008)** y **FIPA (2011)**, los protocolos de comunicación consideran las siguientes características:

- JADE, en lugar de programar el flujo del protocolo, como por ejemplo la secuencia del intercambio de los mensajes, establece las acciones para cada situación. Éstas reciben el nombre de manejadores.
- Para los procesos interactivos, especialmente los de negociación de acuerdos entre entidades, JADE implementa las clases *jade.proto.AchieveREInitiator* y *jade.proto.AchieveREResponder*, con las cuales se obtienen *FIPA-Request*, *FIPA-query*, *FIPA-Request-When*, *FIPA-recruiting*, *FIPA-brokering* y *FIPA-subscribe*.
- Específicamente, para el proceso de la planificación colaborativa, donde se tendrá en cuenta el intercambio de planes de demanda y la posterior evaluación de las respuestas recibidas, se utilizará el protocolo estándar de FIPA implementado por JADE que se denomina *FIPA-contract-net*. Este protocolo implementa las siguientes clases: *jade.proto.ContractNetInitiator* y *jade.proto.ContractNetResponder*.
- **Mecanismo de planificación de la producción.** Se reciben las necesidades o pedidos y genera, a su vez, las necesidades o pedidos a los proveedores. Al mismo tiempo, la perspectiva colaborativa y descentralizada del mecanismo debe incorporar las respuestas de los proveedores y obtener el grado de aceptación de éstas. Por lo tanto, cada mecanismo de planificación de la producción, actuará de forma independiente y contemplará el acceso a sus repositorios de información. De forma general, estos repositorios, en el entorno MRP, deberán considerar informaciones como: demanda, capacidad, niveles de inventario, retrasos de demanda, precios, beneficios, etc. A partir de estas variables, cada nodo proveedor deberá ser capaz de generar sus respuestas y enviarlas a sus nodos clientes. El envío y recepción se soporta por los protocolos de comunicación

FIPA-JADE, donde cada nodo cliente, una vez reciba las respuestas tomará sus decisiones de forma independiente respecto a si acepta o no la respuesta y, por tanto, si opta por volver a realizar otra petición en el contexto de la negociación de los precios de compra para el proveedor.

- **Tablas en los repositorios de información.** De forma genérica, para soportar el proceso de planificación de la producción en cada nodo, se requiere que los repositorios de información consideren las tablas siguientes:
 - **Demanda.** Es el patrón de datos de entrada con los que el modelo de planificación de la producción realizará sus cálculos para determinar cuánto debe fabricar, cuánta demanda retrasará y, por tanto, cuánta será la cantidad a solicitar y a qué precio.
 - **Maestro de materiales.** Este elemento también se conoce como lista de materiales, *bill of materials* o BOM. Para la planificación de la producción colaborativa, todo BOM deberá considerar la información del propio nodo así como de sus proveedores. En un contexto de planificación de la producción, el nodo cliente se denominará máquina real o MR, mientras que los proveedores contenidos en la información del nodo se denominarán máquinas ficticias, o MF. Así, cada tipo de información considerará su propio identificador o id, generando los correspondientes idMR e idMF.
 - **Maestro de producción.** Para que cada nodo realice su propio proceso de planificación de la producción, deberá existir una definición de los precios, los costes, los tiempos de entrega, los niveles de inventarios, de modo que, parcialmente, se pueda compartir o intercambiar estas informaciones con los proveedores. Específicamente, en el caso del precio de venta (PV), que es el precio al que un nodo vende sus productos a su nodo cliente y, por otro lado, el precio de compra (PC), que es el precio que un nodo paga a su nodo proveedor por comprar un producto.
 - **Pedidos.** Tras ejecutar los mecanismos de planificación de la producción, se definen las cantidades a solicitar a los nodos de tipo proveedor (incluyendo los de tipo cliente-proveedor). Esto se define, comúnmente, como vector producción.
 - **Capacidad.** Es la cantidad de tiempo que un nodo considera para fabricar una unidad de un producto dado. La capacidad disponible se considera como una

restricción importante para el modelo de planificación de la producción.

- **Respuesta.** El cálculo de la respuesta, desde un punto de vista genérico, considera una respuesta específica para las peticiones de cada periodo i . Estas peticiones se basan en la demanda recibida por parte de los clientes. Los parámetros y las variables se relacionan con los flujos de información y sus vínculos, los comportamientos físicos y las capas de integración del dominio de modelado (ver Tabla 6).

Tabla 6. Proveedores de respuesta de vectores, parámetros y variables.

Parámetros	Variables
$D[i] \rightarrow$ Demanda $P[i] \rightarrow$ Producción $RD[i] \rightarrow$ Retrasos de demanda	$D_AC[i] \rightarrow$ Demanda acumulada para todo i $P_AC[i] \rightarrow$ Producción acumulada para todo i $R[i] \rightarrow$ Respuesta para todo i $R_AC[i] \rightarrow$ Respuesta acumulada para todo i
Periodos	Definición vector respuesta
i	$R[i]$
1	$D_AC[i] = D[i]$ $P_AC[i] = 0$ $R[i] = \begin{cases} D_AC[i] - RD[i] \leftrightarrow D_AC[i] - RD[i] > 0 \\ 0 \leftrightarrow D_AC[i] - RD[i] > 0 \end{cases}$ $R_AC[i] = R[i]$
2	$D_AC[i] = D_AC[i-1] + D[i]$ $P_AC[i] = P[i-1]$ $R[i] = \begin{cases} \text{MIN}(\text{MIN}(P_AC[i] - R_AC[i-1], RD[i]), D[i] + RD[i-1] \leftrightarrow P_AC[i] - D_AC[i-1]) < 0 \\ \text{MIN}(P_AC[i] - D_AC[i-1] + \text{MIN}(P_AC[i] - R_AC[i-1], RD[i]), D[i] + RD[i-1]) \leftrightarrow P_AC[i] - D_AC[i-1]) > 0 \end{cases}$ $R_AC[i] = R_AC[i-1] + R[i]$
>2	$D_AC[i] = D_AC[i-1] + D[i]$ $P_AC[i] = P[i-1] + P_AC[i-1]$ $R[i] = \begin{cases} \text{MIN}(\text{MIN}(P_AC[i] - R_AC[i-1], RD[i]), D[i] + RD[i-1] \leftrightarrow P_AC[i] - D_AC[i-1]) < 0 \\ \text{MIN}(P_AC[i] - D_AC[i-1] + \text{MIN}(P_AC[i] - R_AC[i-1], RD[i]), D[i] + RD[i-1]) \leftrightarrow P_AC[i] - D_AC[i-1]) > 0 \end{cases}$ $R_AC[i] = R_AC[i-1] + R[i]$

Posteriormente, cada nodo genera su propio vector respuesta y los nodos cliente lo reciben para incorporarlos en la información correspondiente a las MF. Específicamente, en la información referente a la capacidad disponible de estas. De esta manera, el nodo cliente, no conocimiento las características de sus proveedores, pero sí conocimiento el nivel de respuesta, por lo que podrá incluir esta información como una limitación en la capacidad disponible y auto-limitarse a esta respuesta para generar los siguientes pedidos. Éste es el concepto principal de la versión colaborativa y descentralizada del proceso de planificación de la producción en la cadena de suministro.

6.2.4 ENTIDADES Y SUS ROLES (QUIÉN)

La siguiente perspectiva del *Framework* Zachman que se considera para el diseño de la herramienta es la que define el “quién”. Es decir, se definen las entidades y, por tanto, los roles que cada una de estas puede considerar desde un punto de vista genérico. Para efectos del diseño de esta

componente de la herramienta, la definición de las entidades y sus roles se basa en la perspectiva de objetos del lenguaje de modelado UML. Los objetos se presentan como instancias de las clases definidas para dar soporte a la herramienta. Es decir, son una particularización de la perspectiva genérica que entrega el modelo UML de clases. Por lo tanto, estos objetos se orientan a la definición genérica del flujo de comunicación entre los diferentes objetos que soportan la herramienta de planificación de la producción. Estos objetos se ven en la Figura 14, y se relacionan con la gestión de las conexiones a los repositorios de información, los tipos de *behaviour* que se pueden considerar y los protocolos de comunicación para soportar la colaboración y, por tanto, las negociaciones entre los nodos para llegar a acuerdos.

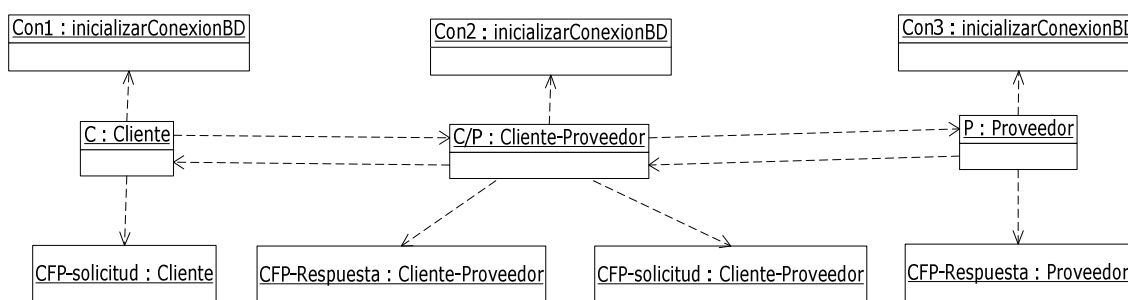


Figura 14. Modelo de objetos para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa.

En este sentido, los objetos de la Figura 14 se describen a continuación:

- **Inicializar conexión BD.** Esta clase dará paso a los objetos estratégicamente denominados *Con1*, *Con2* y *Con3*. Estos objetos se relacionan con las especificaciones de los parámetros de comunicación para los diferentes repositorios correspondientes a cada rol (cliente, cliente-proveedor, proveedor). En el caso de establecer una conexión con MsAccess se considera el controlador *sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver*, mientras que para el caso de MySQL se considera el controlador *com.mysql.jdbc.Driver*.
- **Cliente.**
 - **C.** Es la particularización de la clase cliente. En este caso, se domina C como la instancia de la clase cliente.
 - **CFP-Solicitud.** Es el mensaje que un cliente envía a su proveedor. La estructura específica de este mensaje es la siguiente:

```

ACLMessage MENSAJE_A_C/P = new
ACLMessage(ACLMessage.CFP);

```

....

```

msjCFPNegociacion.setProtocol(FIPANames.InteractionProtocol.FIPA_CONTRACT_NET);

```

....

```
ContenidoCFP CONTENIDO = new
ContenidoCFP(MENSAJE_A_C/P)
```

....

```
try {msg.setContentObject(CONTENIDO);}

```

Por lo tanto, el contenido del mensaje se asocia a la estructura CFP y, quien lo reciba sabrá que tendrá que enviar una respuesta a esta solicitud según el protocolo *FIPA-contract-net*.

- **Cliente-Proveedor**

- **C/P.** Es la instancia correspondiente al agente de comportamiento dual. Es decir, aquel que debe gestionar los mensajes con sus clientes, al mismo tiempo que sus mensajes con los proveedores. Esto, debe ser de forma sincronizada. De otro modo, se podrán producir inconsistencias en los cálculos de las variables correspondientes, como por ejemplo de la respuesta que un proveedor le envía a su cliente.
- **CFP-Solicitud.** Es el mensaje que el nodo de tipo cliente-proveedor envía a su proveedor. La estructura específica de este mensaje es la siguiente:

```
ACLMessage MENSAJE_A_P = new
ACLMessage(ACLMessage.CFP);

msjCFPNegociacion.setProtocol(FIPANames.InteractionProtocol.FIPA_CONTRACT_NET);
```

....

```
ContenidoCFP CONTENIDO2 = new
ContenidoCFP(MENSAJE_A_P)
```

....

```
try {msg.setContentObject(CONTENIDO2);}

```

- **CFP-Respuesta.** Es el mensaje que el nodo de tipo cliente-proveedor envía como respuesta a su nodo cliente. La estructura específica es la siguiente:

Primero, se considera la recepción de las respuestas de todos los proveedores según el siguiente método de JADE:

```
protected void handleAllResponses(Vector X, Vector Y)
```

Seguidamente, teniendo en cuenta la ontología *ResultadoCN*, ya definida en los sub-apartados anteriores, se genera el mensaje de respuesta de la manera siguiente:

```
private ACLMessage mensajeADevolver;
```



```
mensajeADevolver = mensaje.createReply();  
mensajeADevolver.setPerformative(ACLMessage.PROPOSE);  
....  
try {ResultadoCN resultado = new ResultadoCN(Vector  
Respuesta);  
....  
mensajeADevolver.setContentObject(resultado);  
send(mensajeADevolver); }
```

- **Proveedor**

- **P.** Es la particularización de la clase proveedor. En este caso, se domina P como la instancia de la clase proveedor. Este tipo de *behaviour* se orienta a la recepción de propuestas y a responder con una respuesta a su cliente.
- **CFP-Respuesta.** Es el mensaje que el nodo de tipo proveedor envía como respuesta a su nodo cliente y considera la estructura siguiente:

```
protected ACLMessage prepareResponse(ACLMessage cfp) {  
ACLMessage propose = cfp.createReply();  
....  
propose.setPerformative(ACLMessage.PROPOSE);  
AID sender = cfp.getSender();  
ContenidoCFP contenido=null;  
....  
try {contenido = (ContenidoCFP) cfp.getContentObject();}  
}
```

Por lo tanto, a través de las estructuras de los objetos diferentes, se visualiza que la estructura de tipo genérica permite de forma sencilla extender los diferentes componentes, así como las clases y los métodos a los diferentes tipos de nodos y comportamientos que definirán a los agentes. Además, se se observa que el esfuerzo principal del diseño se centra en el agente tipo cliente-proveedor debido a que este es una combinación entre el agente tipo cliente y el tipo de proveedor, por lo que las secuencias de los mensajes dependerá de la sincronización de los diferentes métodos para soportar el proceso de la planificación de la producción. El siguiente subapartado se centra en la especificación de estos flujos de mensajes.

6.2.5 GESTIÓN DE MENSAJES (DÓNDE)

La gestión de mensajes se basa en la vista UML de secuencia. Estos mensajes son las informaciones que los objetos intercambian a través del

entorno distribuido de comunicación. Adicionalmente, se destaca que el diagrama de UML de secuencia señala las interacciones de forma ordenada teniendo en cuenta el espacio temporal de los eventos.

En este modelo (ver Figura 15), por tanto, se definen los flujos de comunicación entre los diferentes objetos. Tal como se ha ido desarrollando a través del Capítulo 5 de la arquitectura y en los sub-apartados anteriores, los flujos de mensajes consideran una perspectiva sincronizada y paralela. Es decir, que los procesos de la planificación de la producción se podrán ejecutar según reciban alguna entrada como, por ejemplo, la demanda. Por lo que la herramienta se diseña para soportar este aspecto de paralelismo de los procesos. Además, la sincronización vendrá dada porque cada flujo de información se irá transmitiendo hacia los niveles inferiores de la cadena de suministro, y solo podrá regresar a su punto inicial en el caso que los pares que interactúen lleguen a un acuerdo. En otro caso el flujo entrará en una sesión iterativa de secuencias de solicitudes y respuestas sin un fin aparente. La salida del flujo iterativo se diseña de modo que cada agente tenga su propio límite, ya sea por conceptos de alcanzar un precio de oferta máximo, o por reducir demasiado su beneficio, producto de las ofertas continuas a su proveedor.

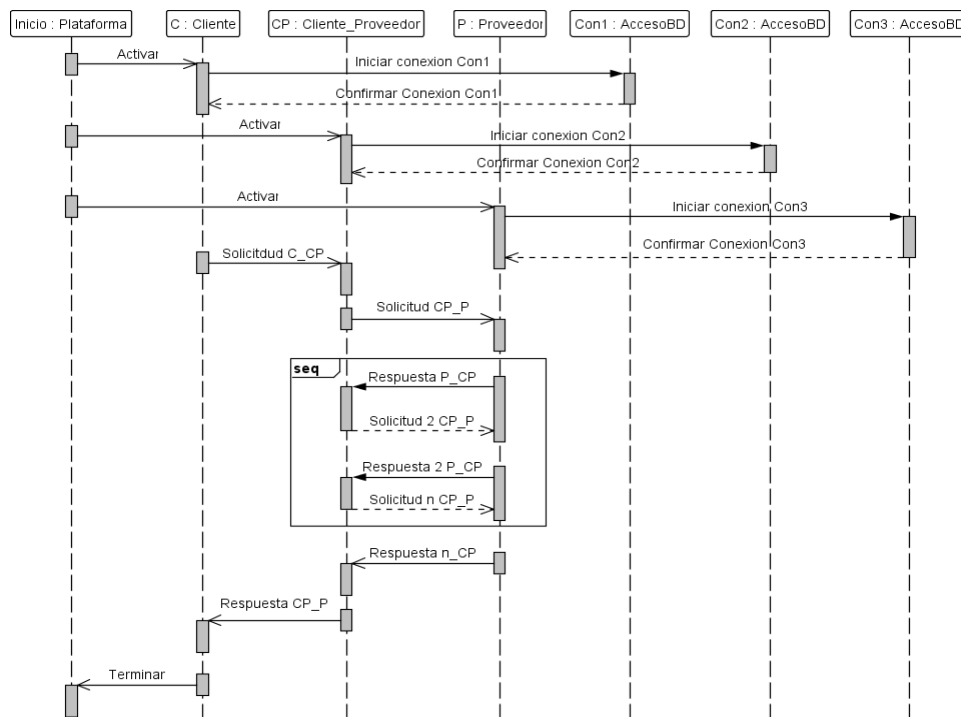


Figura 15. Diagrama UML de secuencia de los objetos que soportan la planificación de la producción colaborativa.

Los flujos de comunicación, tal como se observa en la Figura 15, consideran un orden secuencial y jerárquico. Estos se describen a continuación:

- **Activar.** Mensaje inicial que se genera para activar los agentes JADE en la plataforma. Éste se lanza vía el agente RMA, que es propio de JADE. Este agente permite controlar el resto de

agentes en una plataforma, siendo sus acciones principales las siguientes: terminar la ejecución de un agente, terminar con la ejecución de la plataforma, comenzar, detener, continuar o duplicar un agente y enviar mensajes a agentes particulares.

- **Iniciar conexión Con1.** Este mensaje está dedicado a activar el acceso a los repositorios del agente C.
- **Confirmar conexión Con1.** Este mensaje está dedicado a confirmar el proceso de activación al acceso a los repositorios del agente C.
- **Iniciar conexión Con2.** Este mensaje está dedicado a activar el acceso a los repositorios del agente C/P.
- **Confirmar conexión Con2.** Este mensaje está dedicado a confirmar el proceso de activación al acceso a los repositorios del agente C/P.
- **Iniciar conexión Con3.** Este mensaje está dedicado a activar el acceso a los repositorios del agente P.
- **Confirmar conexión Con3.** Este mensaje está dedicado a confirmar el proceso de activación al acceso a los repositorios del agente P.
- **Solicitud C_CP.** Es el envío del plan de demanda que el agente C hace al agente C/P. En este caso, el comportamiento se rige por las reglas del protocolo *FIPA-contract-net*.
- **Solicitud CP_P.** Es el envío del plan de demanda que el agente C/P hace al agente P. En este caso, el comportamiento se rige por las reglas del protocolo *FIPA-contract-net*.
- **Respuesta CP_C.** Una vez que el agente cliente-proveedor finaliza las iteraciones con su proveedor, genera la respuesta al agente C según el método JADE *protected ACLMessage prepareResponse()*.
- **Respuesta P_CP.** Una vez que el agente proveedor recibe la demanda y evalúa qué tipo de respuesta generará al agente C/P, envía la respuesta al agente C/P según el método JADE *protected ACLMessage prepareResponse()*.
- **Seq.** Este espacio caracteriza el proceso de negociación entre los agentes hasta que éstos llegan a un acuerdo.

6.2.6 PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES DEL SISTEMA, MODELO O PROCESO (CUÁNDO)

Las operaciones de los nodos de la cadena se pueden agrupar en tres perspectivas diferentes. Las operaciones del cliente, del cliente-proveedor y

del proveedor (ver modelo UML de estados en la Figura 16). Además, teniendo en cuenta que las operaciones de la herramienta se centran en señalar sus elementos y los flujos de información, la colaboración se soportará con la coordinación de estos objetos. Adicionalmente, tal como se ha visto en el modelo UML de secuencia, los diferentes eventos se van ejecutando según los mensajes van fluyendo entre los diferentes agentes. Principalmente, estos flujos consistirán en la activación de los *behaviour* respectivos. Seguidamente, estos *behaviour* gestionarán los intercambios de los planes de la demanda entre los agentes.

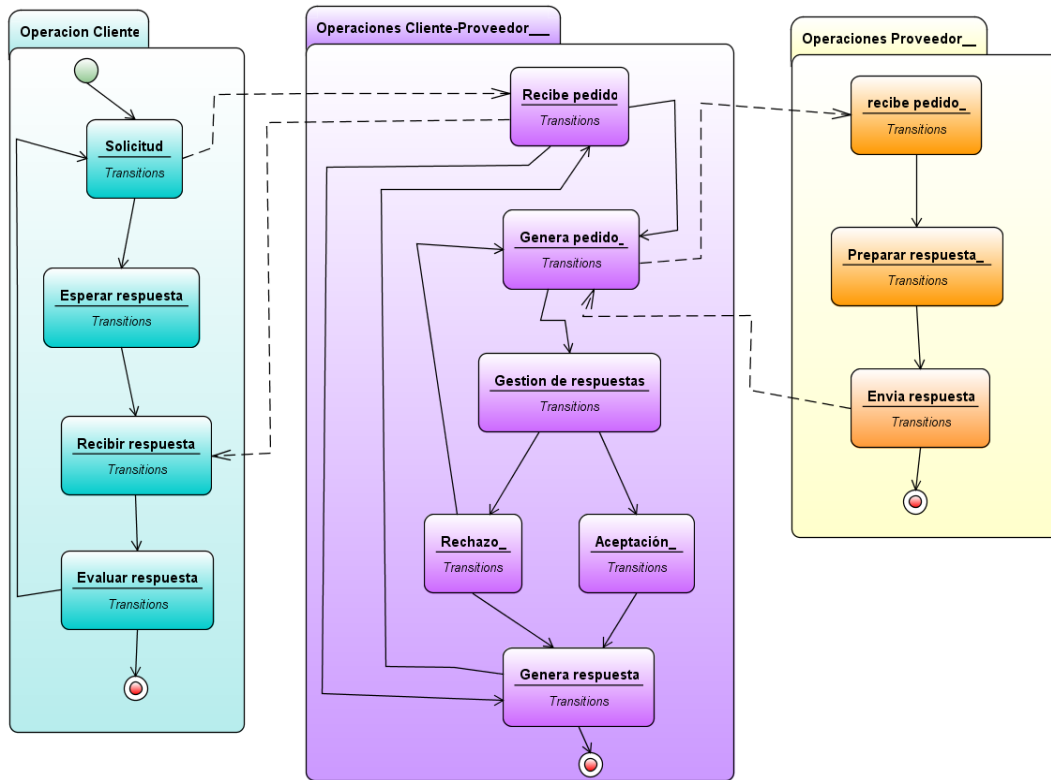


Figura 16. Programación de las operaciones para los diferentes nodos genéricos identificados para gestionar el proceso de la planificación de la producción colaborativa.

Las operaciones de los nodos se definirán por los diferentes estados que éstos consideran. Por lo tanto, el intercambio de los planes de demanda permitirá a los agentes soportar el proceso de toma de decisión según la ejecución de sus mecanismos de evaluación internos. Estos intercambios de la demanda mostrarán problemas futuros y, por tanto, la corrección de los mismos mediante el adelantamiento de pedidos con tal de utilizar la capacidad al máximo en cada periodo. De esta forma, tras las ofertas iniciales y las contra-ofertas posteriores, las operaciones del proceso colaborativo de la planificación de la producción (tal como definido en el Capítulo 5), considerará procesos de negociación según la configuración o topología de la cadena de suministro. Principalmente esto indicará si las negociaciones deberán considerar la coordinación entre varias respuestas o si es necesario enviar una única respuesta para varias peticiones diferentes. En base a eso, los nodos soportarán el intercambio oportuno de información para cubrir los imprevistos posibles en el proceso de planificación de la

producción, tanto en los niveles superiores como inferiores de la cadena de suministro.

Por lo tanto, las operaciones de los agentes que conforman la herramienta se resumen en los siguientes estados:

1. Operación Cliente.
 - Solicitud.
 - Esperar respuesta.
 - Recibir respuesta.
 - Evaluar respuesta.
2. Operación Cliente-Proveedor.
 - Recibir pedido.
 - Generar pedido.
 - Gestión de respuestas.
 - Rechazo de propuesta
 - Aceptación de propuestas.
 - Generación de respuestas.
3. Operación Proveedor.
 - Recibir pedido.
 - Preparar respuesta.
 - Enviar respuesta.

6.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA PARA SOPORTAR EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN LA CADENA DE SUMINISTRO UTILIZANDO LOS SISTEMAS MULTIAGENTE

La implementación de la herramienta considera el diseño presentado en la sección anterior. Por lo que, teniendo en cuenta todos los elementos definidos en el diseño, este sub-aparato se centra en dar las líneas relevantes para la implementación de la herramienta en entornos de cadena de suministro. Éstas líneas se relacionan con la identificación de los elementos necesarios para la implementación, cómo estos se relacionan y las características técnicas que poseen para soportar de manera robusta la puesta en marcha de la herramienta. Cabe mencionar que la validación del funcionamiento de esta herramienta se presenta en el Capítulo 7, cuyo objetivo se define desde dos puntos de vista. El primero es mostrar cómo la herramienta funciona y permite apoyar el proceso de toma de decisión de los nodos en la cadena de suministro y, seguidamente, cómo según una perspectiva de sistemas multiagente es posible soportar los procesos colaborativos en cadenas de suministro distribuidas. El fundamento principal consiste en las instauraciones de instancias, protocolos, mecanismos y entornos de comunicación que soporten la gestión descentralizada de los flujos de información de los nodos de la cadena.

Por lo tanto, el proceso de la planificación de la producción se considera como el mecanismo fundamental de la herramienta para soportar los procesos de toma de decisión de los nodos de la cadena de suministro. La estructura genérica de la cadena (ver Figura 17) que la herramienta considera, es que cada nodo tendrá un único rol de entre los tres disponibles, es decir cliente, cliente-proveedor o proveedor. Al mismo tiempo, cada nodo considerará su propio repositorio de información del sistema de base de datos (BDX).

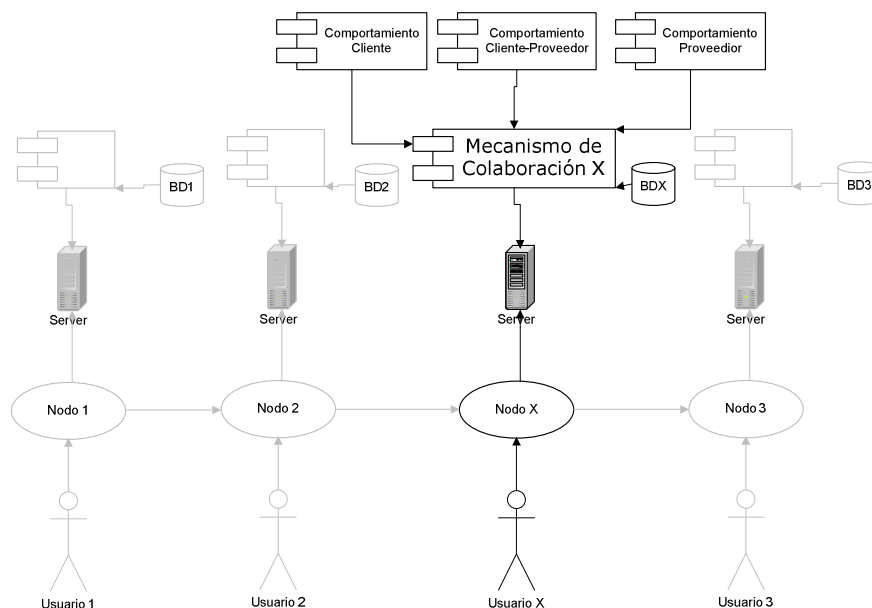


Figura 17. Configuración genérica de cadena de suministro para el proceso de planificación de la producción colaborativa.

Por otra parte, cada nodo estará conectado a un servidor independiente, el cual deberá estar preparado para integrarse en plataforma distribuidas de información. Estos servidores se controlan y gestionan a través de los usuarios correspondientes. Por lo tanto, para la especificación de esta implementación se considera la estructura que sigue. En primer lugar, se presentan las características de la implementación en cuanto a la definición del proceso de planificación de la producción colaborativa. Para ello, se utiliza la combinación entre sistemas de bases de datos y modelos de programación lineal. En segundo lugar, se describen los agentes que participan en el proceso y que se vinculan con la herramienta. Seguidamente se establecen los repositorios de información para, igualmente dar paso a la especificación del entorno donde es válida la herramienta basada en sistemas multiagente.

6.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN

El proceso de la planificación de la producción considera un mecanismo MRP ya definido por Mula (2004), en el cual se especifican las entradas y salidas necesarias para soportar este proceso. Por lo que, teniendo en cuenta la simplicidad, claridad y robustez de dicho trabajo doctoral, se ha considerado como base para la definición del mecanismo de soporte al proceso de la planificación de la producción colaborativa de esta implementación. En este sentido, el proceso de planificación propuesto considera que la información que se recibe es consistente y que, además, se recibe a tiempo. Por lo tanto, cada nodo de la cadena considerará su propio sistema de información para el proceso de planificación de la producción.

Así, desde un punto de vista genérico, la implementación identifica las entradas y salidas vinculadas con la transmisión de la información en la cadena de suministro. Seguidamente, el mecanismo MRP de planificación que soporta el sistema de información de cada nodo se contempla como un modelo de programación lineal con restricciones de capacidad, cuya información principal, para todos los periodos de planificación (i), consiste en la demanda (D), el nivel de inventario (INV), el precio de venta (SP) y la capacidad (CAP). Por otro lado, las salidas principales del modelo MRP son las órdenes planificadas para el nivel n ($POLn$), el retraso de la demanda (DoD), el beneficio y el precio de compra. Por lo tanto, de forma independiente, cada nodo soporta su propio sistema de información, considerando sus propios procesos MRP, así como también las restricciones y limitaciones propias de cada uno (ver Figura 18).

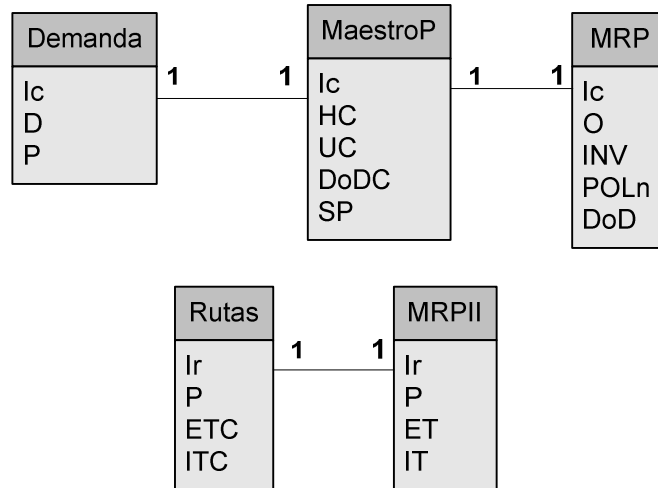


Figura 18. Diagrama entidad relación para el proceso de la planificación colaborativa en cadenas de suministro.

La perspectiva colaborativa de la herramienta considera la comunicación de las entradas y salidas entre los nodos clientes y proveedores en todos los niveles de la cadena de suministro donde exista una relación directa entre ellos (ver Figura 19). Específicamente, las relaciones que soportan la colaboración consideran el envío de los pedidos planificados del nivel n ($POLn$) desde el nodo cliente hacia el nodo proveedor, que son el equivalente al vector de demanda, D . Así, $POLn$ se relacionan, de forma directa, con las capacidades del cliente.

Este proceso colaborativo se soporta por un proceso iterativo en el que, a través de incrementos en el precio de venta (SP), se pretende conseguir mejores respuesta (es decir sin retrasos de demanda o DoD) por parte de los proveedores que se ven limitados por su propia capacidad (CAP) para responder sin retrasos de demanda (DoD). Este proceso iterativo es lo que se denomina proceso de negociación entre clientes y proveedores. Por lo tanto, esta negociación se soporta mediante el incremento del valor de SP en un factor específico, denominado *inc*. El objetivo es poder evaluar los beneficios tanto a nivel de cada y de toda la cadena según existan estos incrementos en SP . Por lo que uno de los criterios de parada de este proceso será cuando el nodo que gestiona el proceso de negociación ya no obtenga más beneficios producto de este incremento de SP . De esta manera, los nodos de la cadena de suministro, podrán evaluar de forma independiente sus procesos de negociación y, por consiguiente, tomar sus propias decisiones.

Además, desde el punto de vista técnico de la implementación, y desde una perspectiva descentralizada de la colaboración, cada nodo en el proceso de planificación de varios niveles, considerará sus propios repositorio de información (o bases de datos) para vincular el proceso de comunicación. Por tanto, el flujo de comunicación se considera colaborativo y descentralizada dado que admite el flujo de información multidireccional, y la información se almacena en bases de datos independientes.

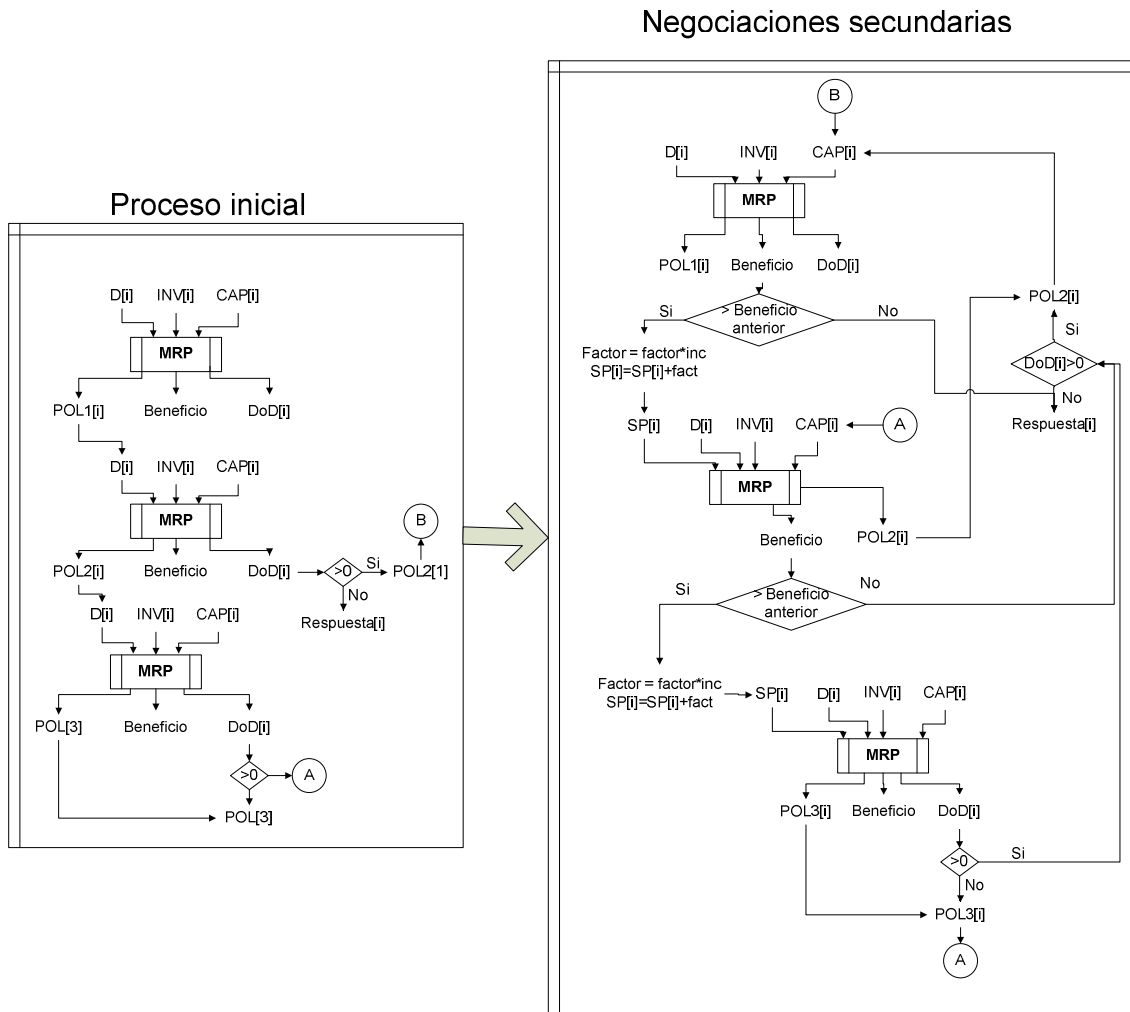


Figura 19. Mecanismo para el proceso de la planificación colaborativa.

Adicionalmente, la Figura 2 muestra que la tabla de la demanda se trata de información de la demanda. La tabla MasterP incluye la información relacionada con los costes de mantener piezas en inventario (HC), los costes unitarios (UC), los costes del retraso en la demanda ($DoDC$) y el precio de venta (SP). La tabla MRP maneja información sobre el nivel final del inventario (INV), $POLn$ y el retraso de la demanda. El sistema MRP también considera la información relacionada con las actividades de producción, tales como CAP , el coste de tiempo extra (ETC) y el coste el tiempo de ocioso (ITC). Entonces, cada respuesta (ANS), generada por el sistema, se verá restringida por la información de esta tabla. Así, dada la propuesta de planificación colaborativa, esta información tendrá en cuenta la ANS del proveedor de primer nivel para evaluar el nivel de ganancia en las propuestas de planificación. En este caso, la respuesta ANS se considerará negativo (que implica un proceso de iteración nueva) en el $DoD [i] > 0$, lo que implicará la generación de los $POLn$ correspondientes. Por otro lado, la respuesta ANS considera que el proceso de negociación se detiene con el fin de evaluar la solicitud dentro de los ANS en relación con los niveles más altos. Entonces, de acuerdo a la tabla de MRPII, la cadena de suministro será capaz de evaluar su decisión teniendo en cuenta la

información adecuada y a tiempo en un proceso iterativo de negociación descentralizada.

$$ic = \sum_{N=1}^M \sum_{i=1}^n (MRP.Inv_{Ni} * MasterP.HC_{Ni}) \quad (1)$$

$$pc = \sum_{N=1}^M \sum_{i=1}^n (MRP.P_{Ni} * MasterP.UC_{Ni}) \quad (2)$$

$$dc = \sum_{i=1}^n (MRP.DOD_{1i} * MasterP.DODC_{Ni}) \quad (3)$$

$$extratc = \sum_{i=1}^n (MRP.II.ET_{Ni} * Rutas.ETC_{1i}) \quad (4)$$

$$idletc = \sum_{N=1}^M \sum_{i=1}^n (MRP.II.IT_{Ni} * Rutas.ITC_{Ni}) \quad (5)$$

$$sr1 = \sum_{i=1}^n (Demanda.D_{1i} * MasterP.SP_{1i}) \quad (6)$$

$$sr2 = MRP.DOD_{1LP} * MasterP.SP_{1LP} \quad (7)$$

$$Beneficio = sr1 - sr2 - ic - pc - dc - extratc - idletc \quad (8)$$

Por lo tanto, para cada período i , la siguiente información se considera para el cálculo de los beneficios: los costes de inventario en cada período de (1), los costes de producción (2), los costes debidos al retraso en la demanda (3), los costes de utilizar tiempo extra (4), los costes de tiempo ocioso de los recursos (5) y los ingresos por venta (6 y 7). Por lo tanto, teniendo en cuenta las respuestas, *ANS*, de los proveedores, los nodos de tipo cliente evaluarán las posibilidades de establecer procesos de negociación, teniendo en cuenta el valor del beneficio. La razón de esto es que el beneficio se relaciona de forma directa con el precio de venta del producto, por lo que, precios de venta mayores, implicarán incrementos en los beneficios y, por tanto, una nueva posibilidad por parte de los proveedores de evaluar ofertas nuevas. El proceso de negociación terminará cuando los cambios en los precios ya no generen un impacto en el nivel de beneficios o cuando se consigan reducir los niveles de retrasos de la demanda al máximo para los proveedores. Finalmente, el nivel total de los beneficios (8) implica no sólo un proceso de negociación, sino que también un soporte a las decisiones relacionadas con el proceso de planificación en cada período i del horizonte de planificación para cada nodo y la cadena de suministro en su conjunto. La implementación de este proceso de cálculo del beneficio se desarrolla bajo una perspectiva SQL, la cual se presenta en la Figura 20.

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

```
private int GetBeneficio(int Ruta){
int beneficio=0, sr1=0, sr2=0, pc=0, ic=0, dc=0, idletc=0, extratc=0;
BeginConection(ShoopFlor);

try {
Statement jeh = con.createStatement();
...
ResultSet sr1 = jeh.executeQuery("SELECT Sum([Demanda]![D]*[MasterP]![SP]) AS sr1 FROM Demanda INNER
JOIN MasterP ON Demanda.Ic = MasterP.Ic WHERE ((([Demanda]![IBDc])=1) AND ((([MasterP]![IBDc])=1)"));
...
ResultSet sr2 = jeh.executeQuery("SELECT Sum([MRP]![DoD]*[MasterP]![SP]) AS sr2 FROM MRP INNER JOIN
MasterP ON (MasterP.IBDC = MRP.IBDC) AND (MRP.Ic = MasterP.Ic) WHERE ((([MRP]![IBDc])=1) AND
(([MRP]![P])=30) AND ((([MasterP]![IBDc])=1)"));
...
ResultSet pc = jeh.executeQuery("SELECT Sum([MRP]![P]*[MasterP]![UC]) AS pc FROM MRP INNER JOIN
MasterP ON (MRP.IBDC = MasterP.IBDC) AND (MRP.Ic = MasterP.Ic)");
...
ResultSet ic = jeh.executeQuery("SELECT Sum([MRP]![Inv]*[MasterP]![HC]) AS ic FROM MRP INNER JOIN
MasterP ON (MasterP.IBDC = MRP.IBDC) AND (MRP.Ic = MasterP.Ic)");
...
ResultSet dc = jeh.executeQuery("SELECT Sum([MRP]![DoD]*[MasterP]![DoDC]) AS dc FROM MasterP INNER
JOIN MRP ON (MRP.IBDC = MasterP.IBDC) AND (MasterP.Ic = MRP.Ic) WHERE ((([MasterP]![IBDc])=1) AND
(([MRP]![IBDc])=1)"));
...
ResultSet idletc = jeh.executeQuery("SELECT Sum([MRPII]![IT]*[Rutas]![ITC]) AS idletc FROM MRPII,
Rutas");
...
ResultSet extratc = jeh.executeQuery("SELECT Sum([MRPII]![ET]*[Rutas]![ETC]) AS extratc FROM MRPII
INNER JOIN Rutas ON (MRPII.P = Rutas.P) AND (MRPII.Ir = Rutas.Ir)");
...
Beneficio = sr1 - sr2 - pc - ic - dc - idletc - extratc;
...
Return Rutas;
}
}
```

Figura 20. Modelo SQL del mecanismo colaborativo para el proceso de la planificación de la producción.

Así, esta definición del entorno se considerará por los agentes pertenecientes a la herramienta de apoyo a la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro. Las especificaciones generales de los agentes se presentan a continuación.

6.3.2 LOS AGENTES DE APOYO AL PROCESOS DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Otro aspecto a definir de la herramienta son los elementos de gestión de los procesos internos. Éstos recibirán el nombre de agentes, los cuales serán, realmente, procesos computacionales programados para gestionar las tareas vinculadas con los procesos del entorno. En este caso, será el proceso de la planificación de la producción colaborativa. Estos agentes, además, considerarán un sistema administrador de agentes, también conocido por la abreviación *AMS*. Este sistema será el responsable de la gestión de las operaciones de los agentes, las tareas, y la creación y eliminación de agentes del entorno. Será en base a este sistema que los agentes podrán considerar su propio identificador o *AID*. Por lo tanto el *AMS* conocerá el estado de cada agente mediante el *AID*.

La tecnología de agentes considera, como ya se ha señalado en la fase de diseño de la herramienta es *JADE*. Esta tecnología considera el paquete *jade.core*, el cual define las características básicas para que el agente interactúe con la plataforma como, por ejemplo, el registro de éstos, la configuración que consideran, la administración y los métodos que cada agente permite implementar. Además, permite el envío y la recepción de mensajes, el uso de protocolos de interacción, la implementación de actividades multitarea y la definición del identificador *AID*: *local-*

name@platform-name para cada agente. Por lo tanto, según esto cada agente tendrá su propio ciclo de vida compuesto de una serie de fases (ver Tabla 7).

Tabla 7. Acciones y ciclo de vida de los agentes.

Método	Descripción
<i>setup()</i>	Creación o instalación de un nuevo agente.
<i>Invocar</i>	Invocación de un nuevo agente.
<i>doWait()</i>	Pone un agente en estado de espera. Sólo puede ser iniciado por el agente.
<i>doWake()</i>	Continúa con la ejecución de un agente que se encuentra en estado de espera. Sólo puede ser iniciado por el AMS.
<i>doMove()</i>	Pone un agente en otro contenedor cambiando su estado al de tránsito. Sólo puede ser iniciado por el agente.
<i>Ejecutar</i>	Continúa con la ejecución de un agente que se encuentra en estado de tránsito. Sólo puede ser iniciado por el AMS.
<i>doSuspend()</i>	Pone un agente en estado suspendido. Puede ser iniciado por el agente o por el AMS.
<i>Reanudar</i>	Continúa con la ejecución de un agente que se encuentra en estado suspendido. Sólo puede ser iniciado por el AMS.
<i>doDelete()</i>	Considera la terminación normal o forzosa de un agente. Sólo puede iniciarse por el AMS y no puede ignorarse por el agente.

Por lo tanto, tal como se visualiza en la Figura 21, los estados de los agentes se vinculan con los ya mencionados *behaviour* o comportamientos, los cuales darán soporte al desarrollo de las tareas.

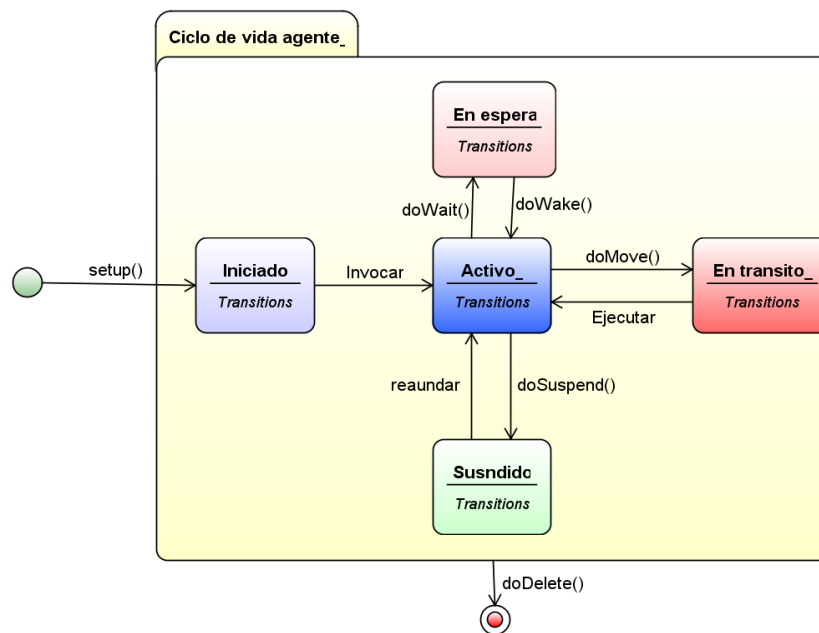


Figura 21. Ciclo de vida de los agentes.

Finalmente, JADE establece que cada agente será capaz de utilizar modelos de concurrencias, es decir, que cada agente, como se adelantó ya en el Capítulo 5 de la definición de la arquitectura, podrá utilizar su propio hilo (o *thread*) de ejecución en vez de utilizar un hilo por *behaviour*. El objetivo es mantener la concurrencia entre los comportamientos y flujos de mensajes. Además, cada agente JADE implementa, de forma interna, una política de gestión de comportamientos del tipo *round-robin non-preemptive*, es decir, que se implementa una cola *FIFO* (primero que entra, primero que sale) de procesos, con lo cual los procesos nuevos son agregados al final de la cola, y se ejecuta el proceso, en este caso, el comportamiento, que se encuentra en la cabeza de la cola. Estos comportamientos se gestionan con una cola de comportamientos mediante los métodos *addBehaviour(Behaviour)* y *removeBehaviour(behaviour)*, los que se utilizan para añadir y terminar ciclos de vida de comportamientos, respectivamente. A continuación, se proporcionan las características técnicas de los agentes que se implementan, principalmente, en cuanto a los métodos y atributos que se consideran en la herramienta. En el ANEXO II, del disco compacto o CD de anexos de esta Tesis, se proporciona el detalle del código y en el sub-apartado 6.3.4 se explican más detalles del entorno de la aplicación.

De forma genérica, las especificaciones de los agentes cliente, cliente-proveedor y proveedor, se visualizan en la Figura 22. Principalmente consideran la clase *Pedido* para recibir y almacenar los pedidos de los clientes en los repositorios de información. La clase *Registro de Capacidad Disponible* es para aceptar diferentes escenarios de capacidad y, por consiguiente, simular varios escenarios de saturación. La clase *MainUI1* es la interfaz gráfica que muestra, en tiempo real, valores interesantes de estudio para apoyar el proceso de toma de decisión (el beneficio y sus componentes, los precios de venta y los precios de compra, así como las

diferentes acciones que un agente ejecuta). Seguidamente, la clase *DAO* almacena el registro del LOG de pedidos y respuestas que los nodos generan. Esta acción está soportada por el motor MySQL de bases de datos. Finalmente, la clase *ReadIniFile* se refiere a la consideración de un fichero INI de configuración de escenarios. Este fichero define la ubicación física de los repositorios y de la aplicación MRP.

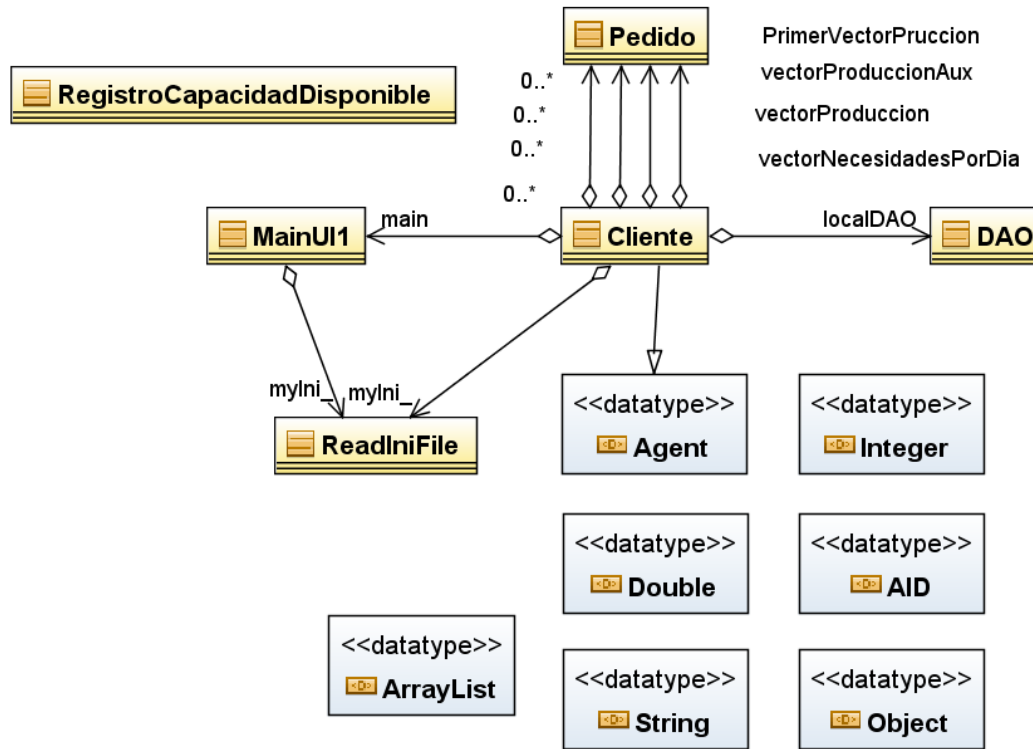


Figura 22. Componentes de los agentes.

Los agentes implementados en la herramienta se caracterizan por establecer sus mecanismos de gestión en base al entorno *AMS*. Con lo cual la estructura de clases así como el entorno o plataforma definirán los comportamientos y las acciones de éstos (ver Figura 23). Por lo que, teniendo en cuenta la gestión de los comportamientos, los objetivos, el entorno y el control, los agentes desarrollarán sus propios procesos de negociación y gestionarán sus propios acuerdos.

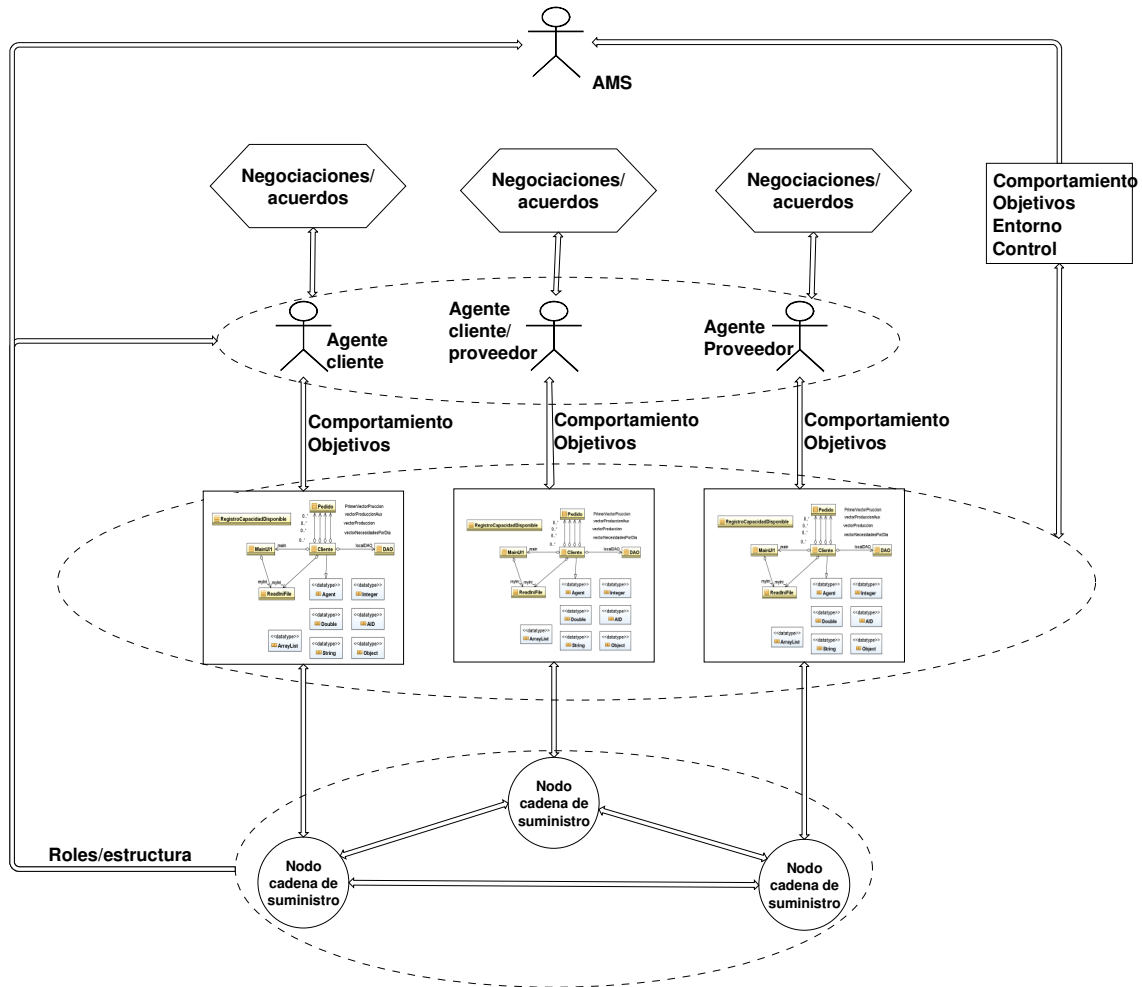


Figura 23. Entorno de interacción de los agentes.

Los métodos que cada agente considera para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa se explican en los siguientes subapartados para los agentes cliente, cliente-proveedor y proveedor, respectivamente.

6.3.2.1 LOS AGENTES

Los métodos y atributos que se consideran para soportar los comportamientos de los agentes cliente, cliente-proveedor y proveedor se centran en la gestión de los pedidos, la generación de solicitudes a los agentes proveedores y la recepción las propuestas para su posterior evaluación en caso que se opte por generar un nuevo pedido. Esta información se presenta en la Tabla 8. Los detalles del código del agente cliente se muestran en el ANEXO II o CD de anexos de esta Tesis.

Tabla 8. Descripción genérica de los métodos de las clases de los agentes.

Métodos	Atributos	Descripción
actualizarRutas()	vectorRespuesta, vectorRD, AID sender	Actualiza los valores de la capacidad disponible correspondiente a las máquinas ficticias.
avanzarDia()	No considera	Actualiza los valores iniciales para pasar a un siguiente día de simulación.
calcularVectorRespuesta()	No considera	Calcula el vector respuesta.
cerrarConexion()	No considera	Cierra la conexión de la base de datos que interactúa con el sistema MRP.
cerrarConexionSALIDA()	No considera	Cierra la conexión de la base de datos de salida.
EscribirLogRespuesta()	Respuesta, NombreHijo, PVH	Envía la información relativa a las respuestas de los proveedores al repositorio de información.
EscribirSalidaBENEFICIOS_seg un_CR()	Ic, diaSimulacion, iteracionActual, PV, CR, B	Calcula la evolución de los beneficios según el coste de retraso.
EscribirSalidaINVENTARIO_se gun_CR()	Ic, diaSimulacion, iteracionActual, CR, INVENTARIOi	Calcula la evolución de los niveles de inventarios según el coste de retraso.
EscribirSalidaRETRASO_seg un_CR()	ic, diaSimulacion, iteracionActual, CR, RD	Calcula la evolución de los retrasos en la demanda según el coste de retraso.
getBeneficioIdeal()	No considera	Define el beneficio ideal del nodo como aquel que se calcula cuando se envía la primera solicitud a los proveedores.
getComprobar_igual_respuesta()	No considera	Se comprueba si la respuesta recibida es igual a la anterior para activar el criterio de parada.
getCRi()	No considera	Obtiene el coste de retraso inicial.
getFlag_pide_a_Nv2()	No considera	Indicador que establece si se le vuelve a hacer una solicitud al proveedor.

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

Métodos	Atributos	Descripción
getFlag_primera_iteracion()	No considera	Indicador que se utiliza para determinar si el agente se encuentra en su primera iteración o no.
getFlag_RespuestaOK()	No considera	Indicador que determinar si las respuestas de los proveedores han sido favorables para el pedido solicitado.
getIcHijo()	No considera	Obtiene el índice de los proveedores.
getSumaUltimoVectorPROD()	No considera	Para calcular la cantidad máxima a pedir, se almacena la suma del vector producción.
getUltimoVectorRD()	No considera	Almacena la información del último vector retraso de demanda para comparaciones futuras.
getUltimoVectorRESP()	No considera	Almacena la información del último vector respuesta para comparaciones futuras.
getVectorGuardado()	No considera	Almacena la información del último vector demanda para comparaciones futuras.
getVectorINVi()	No considera	Almacena la información inicial del vector inventario.
getVectorREDE()	No considera	Almacena la información actual del vector retraso de demanda.
getVectorRESPi()	No considera	Almacena la información del vector respuesta que se corresponde con la primera iteración con el modelo sin modificaciones.
getVectorRESPUESTA()	No considera	Almacena la información actual del vector respuesta para comparaciones futuras.
inicializarConexion()	numeroBD	Inicializa la conexión con la base datos del mecanismo de planificación de la producción según lo especifica el atributo.
inicializarConexionSALIDA()	numeroBD	Inicializa la conexión con la base datos de salida para la recolección de estadísticas.
lanzarMPLYRegistrarPPLYRD()	No considera	Ejecuta la aplicación externa de la planificación de la producción.
mandarMensajeEscribirEnBDsSALIDA()	No considera	Activa el envío de mensajes para escribir en las bases de datos de salida.
mandarMensajeRegistrarTiempoEjecucion()	milisegundosTranscurridos	Registra el tiempo total de ejecución para cada nodo.

Métodos	Atributos	Descripción
mandarMensajeSacarRetrasoDemanda()	No considera	Accede a la base de datos MsAccess® para extraer el retraso de demanda instantáneo.
mandarMsjGetBeneficio()	No considera	Obtiene el beneficio instantáneo.
mandarMsjIncrementarPV()	IcAgente, IcHijo, factorPV	Incrementa el precio de compra de los proveedores.
mandarMsjInicializarBDsalida()	No considera	Se activa la conexión con la base de datos MsAccess® de salida.
obtener_CosteUnitario_Inicial()	Ic_Padre, Ic_hijo	Se obtiene el coste unitario inicial de la Tabla MasterP del cliente para enviarse al proveedor.
obtener_CosteUnitario()	Ic_Padre, Ic_hijo	Se obtiene el coste unitario actual de la Tabla MasterP del nodo cliente para enviarse al proveedor.
obtener_INVENTARIO()	nodo	Obtiene el inventario actual de la Tabla MRP.
obtener_RD()	nodo	Obtiene el retraso de demanda actual de la Tabla MRP.
obtenerCR()	X	Obtiene el coste de retraso actual de la Tabla MasterP.
obtenerPC()	X, Y	Obtiene el precio de compra actual de la Tabla MasterP.
obtenerPV()	X	Obtiene el precio de venta del nodo cliente.
ReInicializar_Valores_MasterItems_y_Rutas()	Ic	Para nuevas iteraciones de negociación se reinician los valores de MasterP y Rutas.
ReInicializar_Valores_MF_Rutas()	Ic	Para nuevas iteraciones de negociación, se reinician los valores de las máquinas ficticias en la tabla Rutas.
setBeneficioIdeal()	Bo	Se guarda el beneficio ideal en memoria para comparaciones futuras.
setComprobar_igual_respuesta()	J	Se guarda en un indicador el resultado de la comprobación de los vectores respuesta. Los valores son: 0 -> Distintos 1 -> Iguales
setCRi()	CosteRetrasoi	Almacena en memoria el valor del coste de retraso y se escribe en las tablas de salida .
setFlag_pide_a_Nv2()	J	Identifica si se le debe volver a pedir al agente de tipo proveedor.
setFlag_primera_iteracion()	J	Identificador que establece que los agentes se encuentran en las primeras iteraciones.

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

Métodos	Atributos	Descripción
setFlag_RespuestaOK()	J	Indicador que identifica si las respuestas recibidas por parte de los proveedores son favorables en los retrasos de demanda.
setIcHijo()	indexHijo	Captura en memoria el identificador Ic, de quien ha enviado una respuesta
setSumaUltimoVectorPROD()	SUVP	Captura en memoria el sumatorio del vector producción para cálculos de pedidos máximos.
setUltimoVectorRD()	RD	Captura en memoria los valores del último vector retraso de demanda según una configuración válida.
setUltimoVectorRESP()	ULT_RESP	Captura en memoria los valores del último vector respuesta para comparaciones futuras.
setup()		Método que da inicio al hilo de ejecución del agente.
setVectorGuardado()	v	Captura en memoria los valores del vector producción de la última configuración válida.
setVectorINVi()	INVi	Captura en memoria los valores del vector inventario para la primera configuración válida.
setVectorREDE()	REDE	Captura en memoria los valores del vector retraso de demanda para la última configuración válida.
setVectorRESPi()	RESPi	Captura en memoria los valores del vector respuesta para la primera configuración válida.
setVectorRESPUESTA()	ANSWER	Captura en memoria los valores del vector respuesta para la última configuración válida.

En el caso particular del agente cliente-proveedor, se considera la máquina de estados para soportar la sincronización de mensajes entre los agentes de tipo cliente y proveedor. Esta máquina de estados se presenta a continuación de forma breve y en detalle en el ANEXO II.

```
private void iniciarmaquinaestados() {
    fsmbehaviour maquinaestados = new fsmbehaviour(this) {
    private static final long serialversionuid = 8930705754449617153l;
    public int onend() {
    return super.onend();}};
    maquinaEstados.registerFirstState(new behaviourInicial(maquinaEstados), STATE_A);
    maquinaEstados.registerState(new BehaviourPreparaNegSec(maquinaEstados), STATE_B);
    maquinaEstados.registerState(new behaviourNegSecOK(), STATE_D);
    maquinaEstados.registerState(new behaviourNegSecFAIL(), STATE_E);
    maquinaEstados.registerTransition(STATE_A, STATE_B,1);
    maquinaEstados.registerTransition(STATE_A, STATE_F,0);
```

```
maquinaEstados.registerDefaultTransition(STATE_B, STATE_C);  
maquinaEstados.registerTransition(STATE_C, STATE_D, 1);  
maquinaEstados.registerTransition(STATE_C, STATE_E, 0);  
maquinaEstados.registerDefaultTransition(STATE_D, STATE_F);  
maquinaEstados.registerTransition(STATE_E, STATE_B, 1);  
maquinaEstados.registerTransition(STATE_E, STATE_F, 0);  
maquinaEstados.registerDefaultTransition(STATE_F, STATE_A);  
addBehaviour(maquinaEstados);}
```

La idea de la utilización de la máquina de estados, es porque el agente cliente-proveedor tiene que soportar los procesos de comunicación, por un lado, con el cliente y, por otro lado, con el proveedor. Por lo tanto, la utilización de máquinas es una solución novedosa para la configuración y resolución de este tipo de configuraciones con múltiples niveles, donde un único agente se debe coordinar con dos agentes de niveles superiores e inferiores de forma simultánea.

6.3.3 LOS REPOSITORIOS DE INFORMACIÓN

La implementación de los repositorios de información considera dos aspectos fundamentales. El primero es la gestión de las bases de datos. En el caso de la implementación de esta herramienta, se consideran tanto MsAccess® como MySQL. La primera es para gestionar los datos que se vinculan con la ejecución de la aplicación para la planificación de la producción. El segundo motor de base de datos, soporta los accesos y la gestión distribuida de los repositorios de información, permitiendo al deciros definir escenarios o datos de entrada para que luego, con la ayuda de los agentes de la herramienta, se incluya esta información en el repositorio de información de la aplicación. Al mismo tiempo, el motor MySQL servirá para la generación de informes posteriores por parte de todos los nodos de la cadena de forma individual. En este caso, una configuración de cadena de suministro genérica, como la que se señala en la Figura 24, implicará una implementación también genérica en cada nodo.

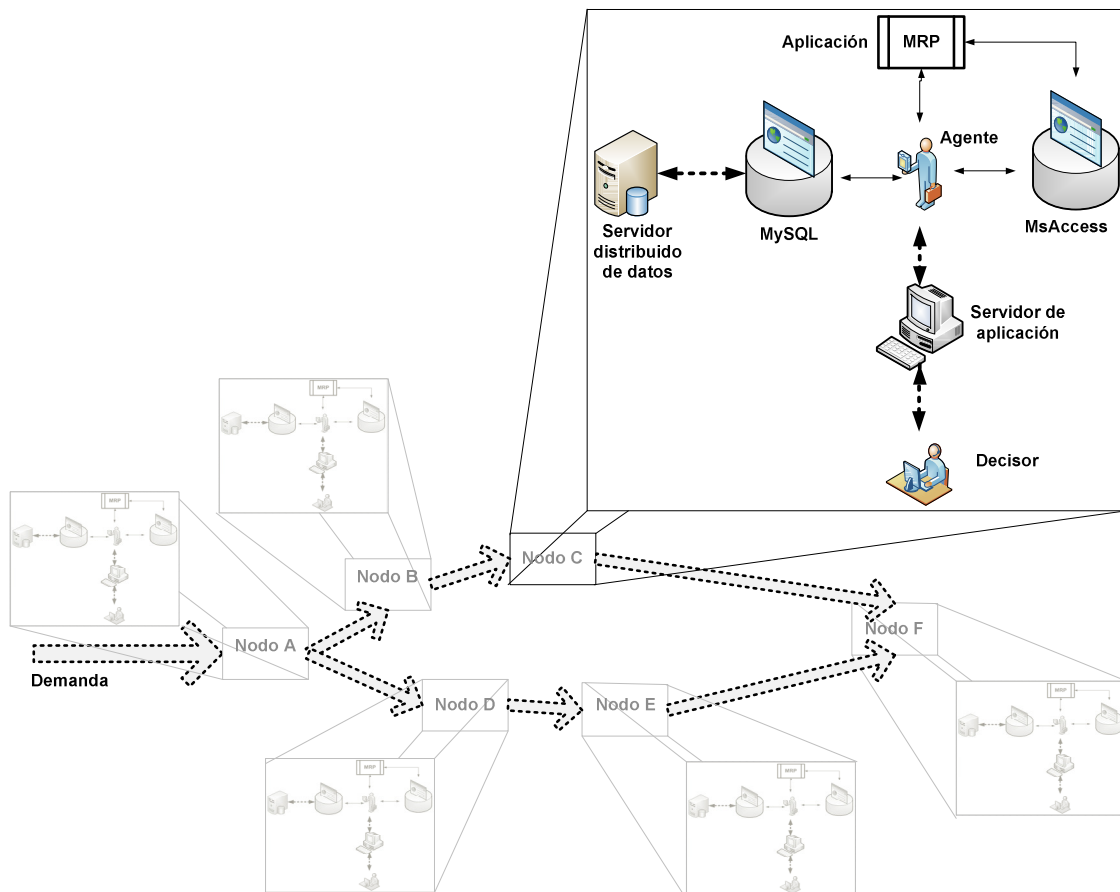


Figura 24. Configuración física de los repositorios para cada nodo en la cadena de suministro.

Por lo tanto, los decisores de cada nodo de la cadena, teniendo en cuenta los flujos de demanda, podrán visualizar los impactos de las reglas de configuración de los parámetros más o menos permisivas, para aceptar los cambios en los patrones de la demanda. Los motores de bases de datos que se consideran en la aplicación se comentan a continuación.

6.3.3.1 REPOSITORIOS MYSQL

Tal como lo señala la Figura 24, uno de los motores de bases de datos que soporta la ejecución de la herramienta es MySQL. Principalmente se utiliza para recibir los pedidos iniciales, configurar las capacidades iniciales de los nodos y capturar las secuencias de informaciones de pedidos y respuestas que relacionan los flujos de información entre los nodos de la cadena (Figura 25).

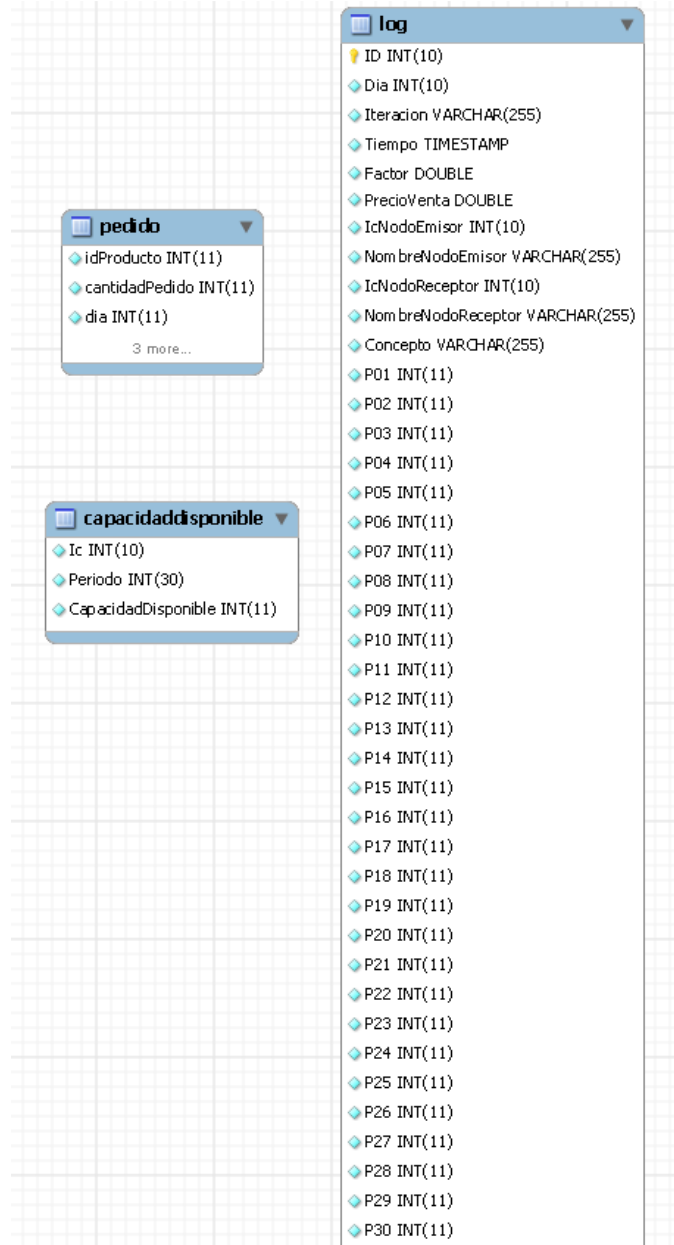


Figura 25. Repositorio de datos de entrada y registro de respuesta en MySQL.

Las tablas MySQL consideradas, tal como se ve en la Figura 25, son las siguientes:

- **Pedido.** Tabla para gestionar la información de la demanda del nodo cliente.

- **idProducto**. Campo que relaciona la demanda de un producto con el índice del nodo.
- **CantidadPedido**. Almacena la información de la demanda.
- **Día**. Asocia el día de simulación, también denominada réplica, con el patrón de demanda.
- **CapacidadDisponible**. Tabla para establecer las capacidades iniciales de los nodos de la cadena de suministro
 - **Ic**. Índice del nodo destino al cual se le asignará la capacidad disponible.
 - **Periodo**. Establece la capacidad para el periodo dado.
 - **CapacidadDiponible**. Valor numérico de la capacidad disponible para el nodo y periodo dado.
- **LOG**. Registra las entradas y salidas de pedidos y respuestas entre los agentes.
 - **ID**. Identificador de la información que se recibe o envía.
 - **Dia**. Señala el día o réplica de la simulación.
 - **Iteración**. Señala el número del pedido o respuesta para diferenciar las entradas y salidas en las negociaciones.
 - **Tiempo**. Almacena el instante en que se ha producido la acción.
 - **Factor**. Registra el valor que el factor del precio de venta tiene en un instante dado.
 - **PrecioVenta**. Registra el valor del precio de venta y precio de compra en un instante dado.
 - **IcNodoEmisor**. Indica el índice del nodo que, o bien emite un pedido, p bien envía una respuesta.
 - **NombreNodoEmisor**. Indica el nombre del nodo que emite un pedido o envía una respuesta.
 - **IcNodoReceptor**. Indica el índice del nodo que recibe un pedido o bien una respuesta.
 - **NombreNodoReceptor**. Indica el nombre del nodo que recibe un pedido o bien una respuesta.
 - **Concepto**. Indica el concepto de la acción del nodo. Es decir, establece si la acción es un pedido o una respuesta.
 - **P01..P30**. Registra los valores del vector pedido o respuesta.

6.3.3.2 REPOSITARIOS MSACCESS

Teniendo en cuenta el modelo de repositorios de información de la Figura 26, otro motor de bases de datos que soporta la ejecución de la herramienta es MsAccess®. Este motor tiene dos propósitos, el primero se relaciona con la gestión de las entradas y salidas (ver Figura 26) de la aplicación externa que soporta el proceso de toma de decisión de cada nodo. Esto se basa en el modelo de programación lineal que se presentó en la sección 6.3.1. Principalmente se utiliza para recibir los pedidos iniciales, configurar las capacidades iniciales de los nodos y capturar las secuencias de informaciones de pedidos y respuestas que relacionan los flujos de información entre los nodos de la cadena (Figura 27).

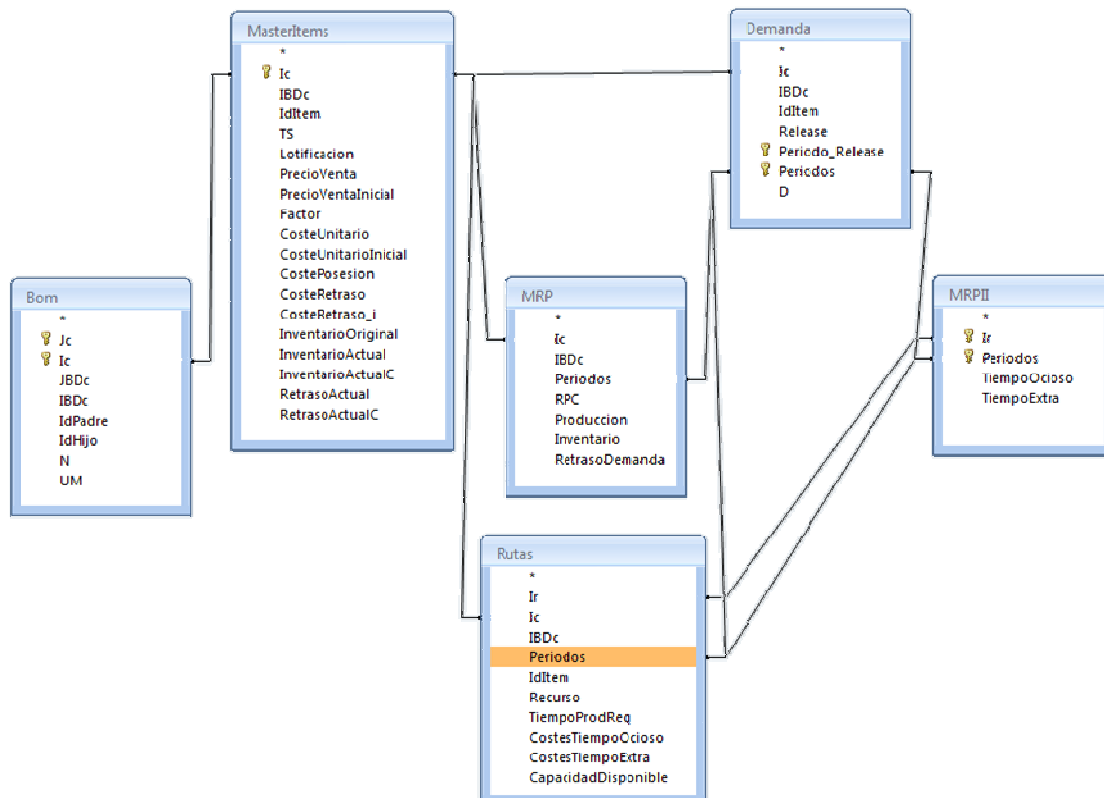


Figura 26. Repositorios de soporte al mecanismo colaborativo en MsAccess®.

La definición de las tablas de MsAccess® para gestionar el mecanismo de planificación de la producción proviene del trabajo de **Mula (2004)**. Estas tablas y sus campos, tal como se ve en la Figura 26, se comentan a continuación:

- **Bom.** Almacena la información de la lista de materiales. Cada nodo incluye su propia información y la información correspondiente a los proveedores. Esta última opción es para evaluar las respuestas futuras de los proveedores en el propio modelo de planificación de la producción.
 - **Jc.** Índice del nodo cliente en la cadena de suministro. Conocido como máquina real.

- **Ic.** Índice del proveedor en la cadena de suministro. Conocido como máquina ficticia.
- **JBDc.** Índice del nodo cliente para el modelo de planificación de la producción.
- **IBDc.** Índice del nodo proveedor para el modelo de planificación de la producción
- **IdPadre.** Código del nodo cliente.
- **IdHijo.** Código del nodo proveedor.
- **N.** Relación de cantidades entre las piezas del cliente y del proveedor. También conocida como relación padre-hijo.
- **UM.** Unidades monetarias del producto.
- **MasterP.** Información del maestro de producción en relación con los productos que se consideran para el proceso de planificación de la producción.
 - **Ic.** Índice del nodo cliente en la cadena de suministro
 - **IBDc.** Índice del nodo cliente para el modelo de planificación de la producción.
 - **IdItem.** Código del producto.
 - **TS.** Tiempo de suministro.
 - **Lotificacion.** Tamaño del lote a fabricar.
 - **PrecioVenta.** Precio al que un nodo vende sus productos al nodo cliente.
 - **PrecioVentaInicial.** Captura el precio de venta inicial para futuras iteraciones.
 - **Factor.** Factor de incremento del precio de venta y precio de compra.
 - **CosteUnitario.** Para la máquina real, señala el coste de fabricar una unidad, mientras que para el caso de las máquinas ficticias señala el precio de compra, es decir, lo que el nodo cliente le paga a su proveedor por cada unidad de producto requerido.
 - **CosteUnitarioInicial.** Captura el coste unitario inicial para futuras iteraciones.
 - **CostePosesion.** Coste asociado con mantener una pieza en el inventario.
 - **CosteRetraso.** Valor que se vincula con el coste de retrasar una pieza de producto solicitado.
 - **CosteRetraso_i.** Captura el coste de retraso inicial para futuras iteraciones.

- **InventarioOriginal.** Captura el valor original de piezas en en inventario por periodo.
- **InventarioActual.** Captura el valor de piezas en el inventario actual por periodo
- **InventarioActualC.** Almacena el valor del inventario futuro por periodo para simulaciones futuras.
- **RetrasoActual.** Captura los valores de el retraso actual en la demanda por periodo.
- **RetrasoActualC.** Almacena el valor de retraso en la demanda para simulaciones futuras.
- **MRP.** Tabla de salida para almacenar los resultados del mecanismo de planificación de la producción.
 - **Ic.** Índice del nodo cliente en la cadena de suministro.
 - **IBDc.** Índice del nodo cliente para el modelo de planificación de la producción.
 - **Periodos.** Periodos de fabricación.
 - **Producción.** Cantidades a fabricar.
 - **Inventario.** Nivel de inventario que se obtiene para el proceso de planificación de la demanda.
 - **RetrasoDemanda.** Piezas de producto retrasadas por periodo para el nivel de demanda dado.
- **Rutas.**
 - **Ir.** Índice del recurso que se vincula con la fabricación de un producto.
 - **Ic.** Índice del nodo cliente en la cadena de suministro.
 - **IBDc.** Índice del nodo cliente para el modelo de planificación de la producción.
 - **Periodos.** Periodos que se vinculan con la fabricación de cada ítem.
 - **IdItem.** Identificador del producto que se fabrica.
 - **Recurso.** Recurso asignado para la fabricación de cada producto.
 - **TiempoProdReq.** Tiempo que se requiere para fabricar una unidad de producto.
 - **CostesTiempoOcioso.** Valor que se vincula al coste de tiempo inactivo de cada recurso.
 - **CostesTiempoExtra.** Coste extra por fabricar los productos en niveles superiores a la capacidad definida por periodo.

- **CapacidadDisponible.** Capacidad en unidades temporales para fabricar una unidad de producto.
- **Demanda.**
 - **Ic.** Índice del nodo cliente en la cadena de suministro.
 - **IBDc.** Índice del nodo cliente para el modelo de planificación de la producción.
 - **IdItem.** Identificador del producto que se fabrica.
 - **Periodos.** Periodos que se vinculan con la fabricación de cada ítem.
 - **D.** Cantidad que se demanda por periodo.
- **MRPPII.**
 - **Ir.** Índice del recurso que se vincula con la fabricación de un producto.
 - **Periodos.** Periodos que se vinculan con la fabricación de cada ítem.
 - **TiempoOcioso.** Tiempo ocioso calculado para la fabricación de cada producto por periodo.
 - **TiempoExtra.** Tiempo extra que se utiliza para la fabricación de cada producto por periodo.

Además del proceso propio de la planificación de la producción colaborativa, existirán repositorios destinados a la recolección de estadísticas de la herramienta. Éstas serán las informaciones del retraso en la demanda, el nivel de inventario, el nivel de servicio y los beneficios que los nodos consideran para cada configuración e iteración.



Figura 27. Datos de salida en MsAccess®.

Las tablas MsAccess® para gestionar las salidas del mecanismo de planificación de la producción, tal como se ve en la Figura 27, son las siguientes:

- **EVO_RETRASO_DEMANDA_CR.** Tabla para capturar los niveles de retraso de la demanda por periodo.

- **Nodo.** Código del nodo en la cadena de suministro.
- **Dia_SIM.** Día de simulación en cuanto al número de réplicas que se ejecutan.
- **Iteracion.** Número de iteración para la cual se calcula el retraso de la demanda.
- **Periodo.** Periodos para identificar el retraso de la demanda por periodo.
- **CR.** Coste de retraso para el cual se obtiene el retraso de de la demanda.
- **RetrasoDemanda.** Retraso de la demanda por periodo.
- **EVO_INVENTARIO_CR.** Tabla para calcular los niveles de inventario por periodo, iteración y día de simulación.
 - **Nodo.** Código del nodo en la cadena de suministro.
 - **Dia_SIM.** Día de simulación en cuanto al número de réplicas que se ejecutan.
 - **Iteracion.** Número de iteración para la cual se calcula el retraso de la demanda.
 - **IBDc.** Índice del nodo cliente para el modelo de planificación de la producción.
 - **Periodo.** Periodos para identificar el nivel de inventario por periodo.
 - **CR.** Coste de retraso.
 - **Inventario.** Nivel de inventario por periodo.
- **BENEFICIO_EVO.** Tal como se definió en la sección 6.3.1, el cálculo de los parámetros del beneficio por día de simulación y periodo.
 - **Nodo.** Código del nodo en la cadena de suministro.
 - **Dia_SIM.** Día de simulación en cuanto al número de réplicas que se ejecutan.
 - **Iteración.** Número de iteración para la cual se calcula el retraso de la demanda.
 - **riv1.** Obtiene los ingresos por venta.
 - **riv2.** Obtiene lo que se deja de ganar por retrasar.
 - **riv.** Ingresos por las ventas totales ($riv1 - riv2$).
 - **rcpt.** Obtiene los costes de fabricación.
 - **rcit.** Obtiene los costes de inventario.
 - **rcrdt.** Obtiene los costes de retraso.
 - **rctoct.** Obtiene los costes de tiempo ocioso.
 - **rcetxt.** Obtiene los costes de tiempo extra.

- **Beneficio.** Calcula el beneficio.
- **EVO_BENEFICIO_CR.** Evolución del beneficio por iteración según el coste de retraso seleccionado por el nodo.
 - **Nodo.** Código del nodo en la cadena de suministro.
 - **Dia_SIM.** Día de simulación en cuanto al número de réplicas que se ejecutan.
 - **Iteración.** Número de iteración para la cual se calcula el retraso de la demanda.
 - **PrecioVenta.** Precio de venta que se vincula con el beneficio.
 - **CosteRetraso.** Coste de retraso que se vincula con el beneficio.
 - **Beneficio.** Beneficio calculado según el coste del retraso.
- **EVO_NS_CR.** Evolución del nivel de servicio por iteración según el coste del retraso seleccionado por el nodo.
 - **Nodo.** Código del nodo en la cadena de suministro.
 - **Dia_SIM.** Día de simulación en cuanto al número de réplicas que se ejecutan.
 - **Iteración.** Número de iteración para la cual se calcula el retraso de la demanda.
 - **PrecioVenta.** Precio de venta que se vincula con el nivel de servicio.
 - **CosteRetraso.** Coste de retraso que se vincula con el nivel de servicio.
 - **NivelServicio.** Nivel de servicio para el coste de retraso dado.

6.3.4 EL ENTORNO DE LA HERRAMIENTA BASADA EN SISTEMAS MULTIAGENTES

Como ya se ha adelantado en los apartados y capítulos anteriores, el entorno que soportará la implementación de la herramienta es JADE. Con lo cual, se acepta el estándar FIPA para la organización de los comportamientos y los flujos de mensajes entre los diferentes agentes. Para esto, cada agente que requiera comunicarse con otro deberá conocer el nombre de aquel con quien se quiere comunicar. La Figura 28 señala los objetos de cada contenedor JADE (**JADE, 2011**) que se considera para gestionar los agentes. Estos objetos se incluyen por defecto en las librerías JADE y son las que cada método y atributo de las clases cliente, cliente-proveedor y proveedor utiliza para la ejecución de sus procesos.

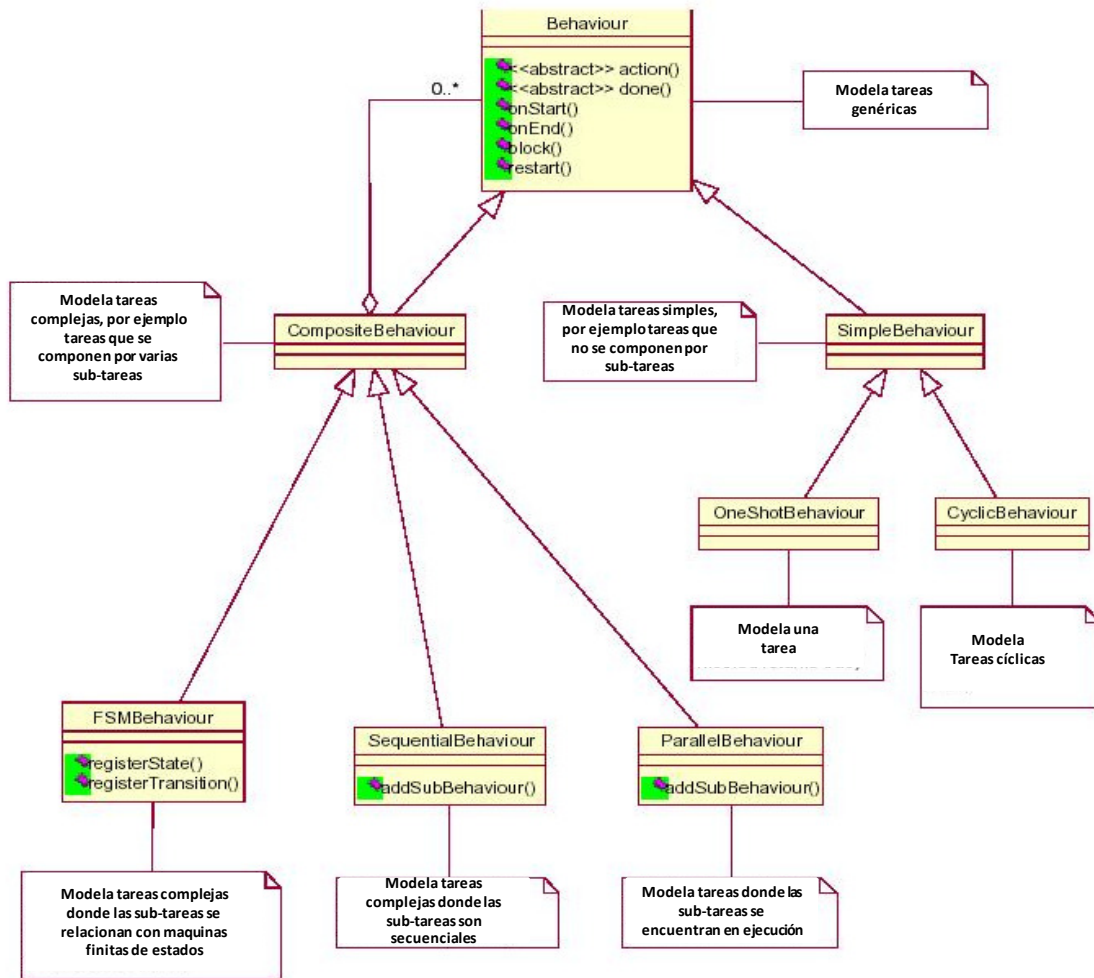


Figura 28. Comportamientos genéricos JADE (Adaptado de JADE (2011)).

De acuerdo con este estándar, los agentes vivirán en una misma plataforma, la cual se encargará de gestionar los ciclos de vida y el registro de los estados de los agentes. Esto facilitará su utilización en algún otro proceso o su asignación a las actividades de otros sistemas o agentes. Se destaca, además, el hecho de que los agentes JADE bajo el estándar FIPA consideran el concepto de contenedor. Este concepto implica la consideración de instancias del entorno de ejecución JADE. Esto permitirá incorporar y gestionar números infinitos de agentes a través del flujo de mensajes. Por lo tanto, existirá la comunicación entre agentes de un mismo contenedor así como de varios contenedores.

Según esto, JADE ofrece ventajas para el desarrollo de agentes como son: implantación de plataformas distribuidas, interfaces gráficas para la administración remota de agentes, herramientas para ejecutar procesos paso a paso, movilidad de los agentes entre plataformas, ejecución en paralelo de múltiples agentes, y gestión de mensajes ACL. Respecto al registro de los servicios de los agentes, la plataforma JADE establece que, cada vez que se crea e instancia un agente, éste se registra de forma automática en el AMS según la sintaxis siguiente: `<nombre_agente>@<nombre_plataforma>`, donde `<nombre_plataforma>` estará compuesto por `<nombre_equipo>:<puerto>`, que utiliza los servicios

`<jade>/JADE`, por ejemplo, `cliente@ServidorX:1099/JADE`. Esto facilita la visión estándar de la comunicación entre los agentes y las plataformas que la herramienta considera. De forma general, la gestión de contenedores que se presenta en la Figura 29 considera la definición de una plataforma, un contenedor y un contenedor principal.

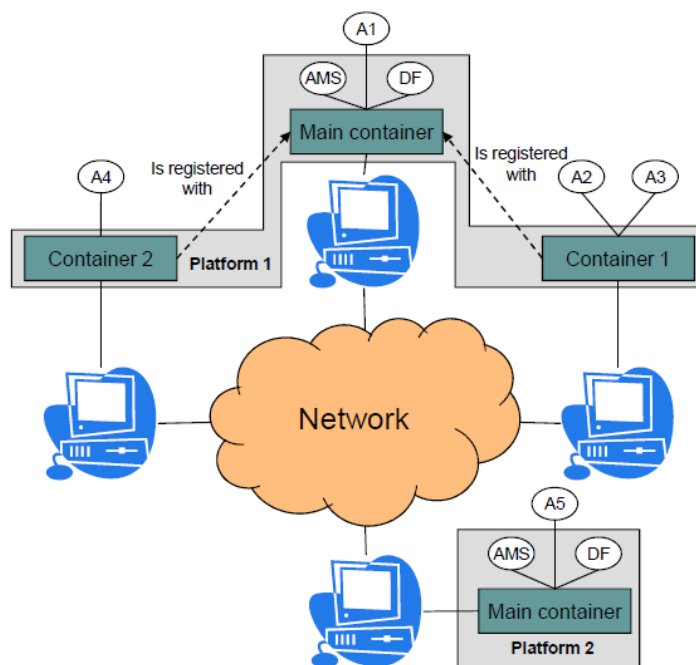


Figura 29. Visión entorno distribuido JADE (Fuente original: **JADE (2011)**).

Por lo tanto, los principios de JADE (**JADE, 2011**) que soportan la configuración distribuida de la herramienta son:

- El contenedor principal mantiene una tabla de todos los contenedores con su referencia hacia el objeto RMI de cada uno de éstos.
- Cuando el contenedor principal se ejecuta, se crea el registro RMI interno y se establece la conexión con los puertos TCP/IP para ejecutar el AMS correspondiente.
- Cuando un contenedor se ejecuta, se busca el registro RMI del contenedor principal para registrarse y poder notificar al contenedor principal cuándo un agente es creado o terminado.

Según estos principios, la plataforma que soportará la gestión del entorno JADE será NetBeans (**NetBeans, 2011**). Ésta define los paquetes, los objetos y las clases que los agentes requieren para ejecutar los procesos de la planificación de la producción en cada nodo de la cadena de suministro.

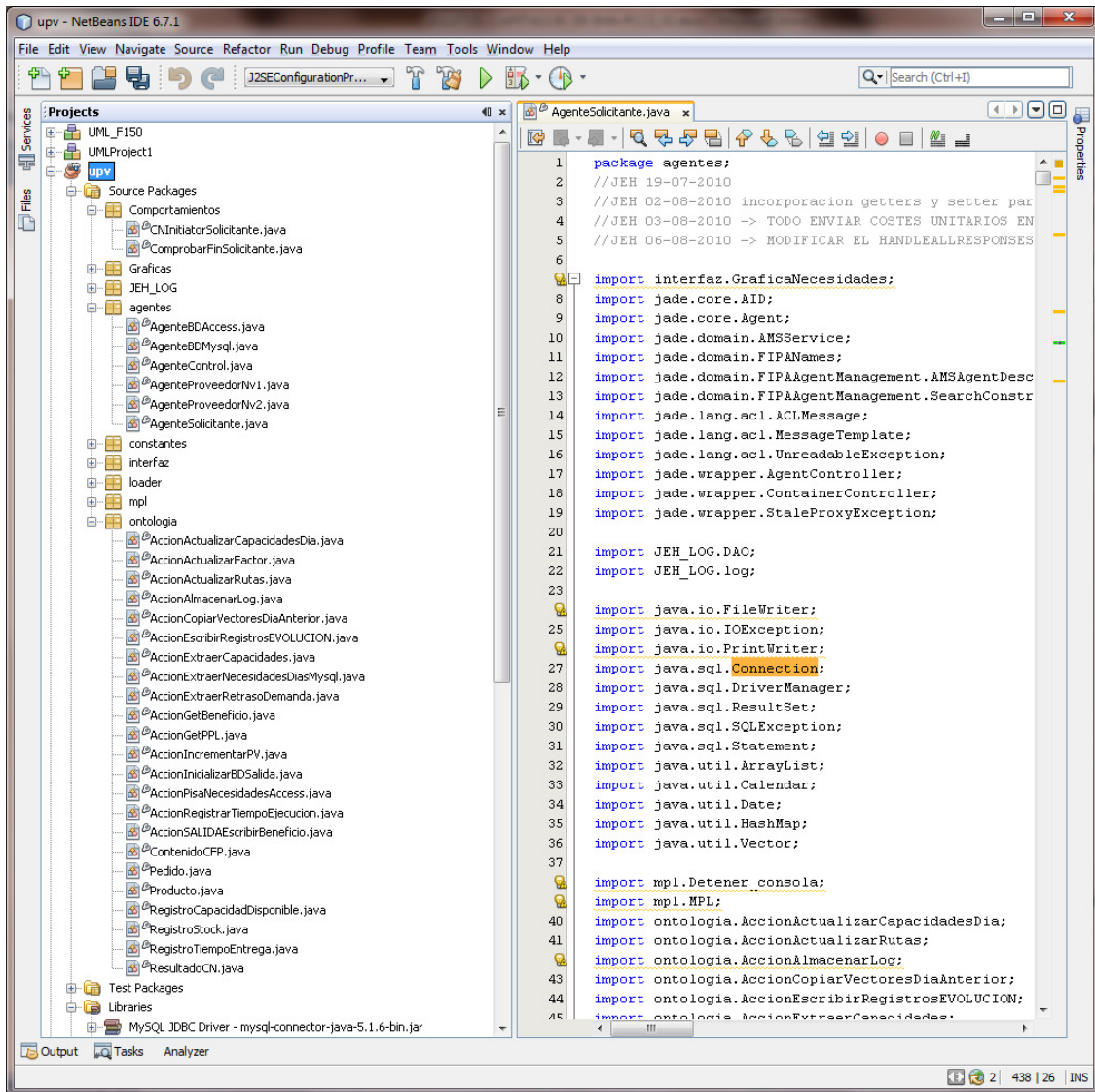


Figura 30. Entorno de la herramienta.

Tras la definición de los componentes, y teniendo en cuenta el comando *rt.createAgentContainer(p)* para la creación de la plataforma, los agentes de la herramienta se ejecutan de la manera siguiente:

- **Plataforma principal, AMS:** *-gui ac:agentes.AgenteControl*
- **Agente cliente:**
cc.createNewAgent("Instancia","agentes.AgenteSolicitante",null);
AS1.start();
- **Agente cliente-proveedor:** *-host dirección_física -container instancia:agentes.AgenteProveedorNv1(Ic).*
- **Agente proveedor:** *-host dirección_física -container instancia:agentes.AgenteProveedorNv2.*

Tras la ejecución de los agentes, el entorno JADE define el agente denominado *Sniffer* para la visualización del flujo de mensajes (Figura 32). En este caso, se visualizan los mensajes de solicitud, de tipo CFP y de tipo

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

respuesta. Además, se presentan los diferentes hilos de ejecución que se vinculan a cada agente.

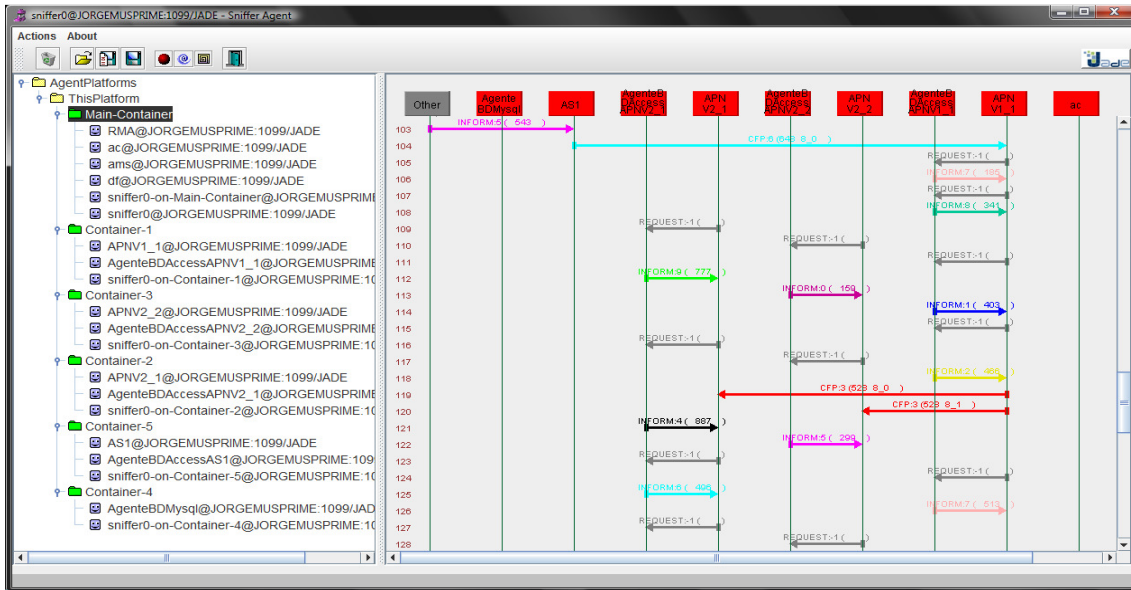


Figura 31. Agente Sniffer y el flujo de mensajes de la herramienta.

Respecto a los accesos a los repositorios, MySQL (Figura 32) se encarga de recolectar de manera concurrente las peticiones y las respuestas de los nodos de la cadena de suministro. De esta manera, se puede visualizar la secuencia de eventos que se vinculan con el proceso de planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro.

ID	Dia	Iteracion	Tiempo	Factor	PrecioVenta	IC Nodo Emisor	Nombre Nodo Emisor	IC Nodo Receptor	Nombre Nodo Receptor	Concepto	P01
1	1	1	2011-07-13 20:15:25	1	6.096	0	Principal	1	AS1	solicitud	0
2	1	1	2011-07-13 20:15:26	1	4.08	1	AS1	2	APNV1_1	solicitud	0
3	1	1.1	2011-07-13 20:16:23	1	1.2	2	APNV1_1	6	APNV2_2	solicitud	0
4	1	1.1	2011-07-13 20:16:23	1	1.2	2	APNV1_1	5	APNV2_1	solicitud	0
5	1	1.1	2011-07-13 20:16:25	1	1.2	6	APNV2_2	2	APNV1_1	respuesta	0
6	1	1.1	2011-07-13 20:16:26	1	1.2	5	APNV2_1	2	APNV1_1	respuesta	0
7	1	1	2011-07-13 20:15:36	1	4.08	2	APNV1_1	1	AS1	respuesta	0
8	1	2	2011-07-13 20:15:40	1.1	4.488	1	AS1	2	APNV1_1	solicitud	0
9	1	2.1	2011-07-13 20:16:35	1	1.2	2	APNV1_1	6	APNV2_2	solicitud	0
10	1	2.1	2011-07-13 20:16:35	1	1.2	2	APNV1_1	5	APNV2_1	solicitud	0
11	1	2.1	2011-07-13 20:16:37	1	1.2	6	APNV2_2	2	APNV1_1	respuesta	0
12	1	2.1	2011-07-13 20:16:37	1	1.2	5	APNV2_1	2	APNV1_1	respuesta	0
13	1	2.2	2011-07-13 20:16:42	1.1	1.32	2	APNV1_1	6	APNV2_2	solicitud	0
14	1	2.2	2011-07-13 20:16:42	1.1	1.32	2	APNV1_1	5	APNV2_1	solicitud	0
15	1	2.2	2011-07-13 20:16:44	1.1	1.32	5	APNV2_1	2	APNV1_1	respuesta	0
16	1	2.2	2011-07-13 20:16:44	1.1	1.32	6	APNV2_2	2	APNV1_1	respuesta	0
17	1	2	2011-07-13 20:15:53	1.1	4.488	2	APNV1_1	1	AS1	respuesta	0
18	1	2	2011-07-13 20:15:55	1.1	1	1	AS1	0	Principal	respuesta	0

Figura 32. Interfaz MySQL para el registro del LOG.

Finalmente, se considera un interfaz de usuario donde se resumen los valores de salida más relevantes para apoyar el proceso de toma de decisión de los decisores en la cadena de suministro.

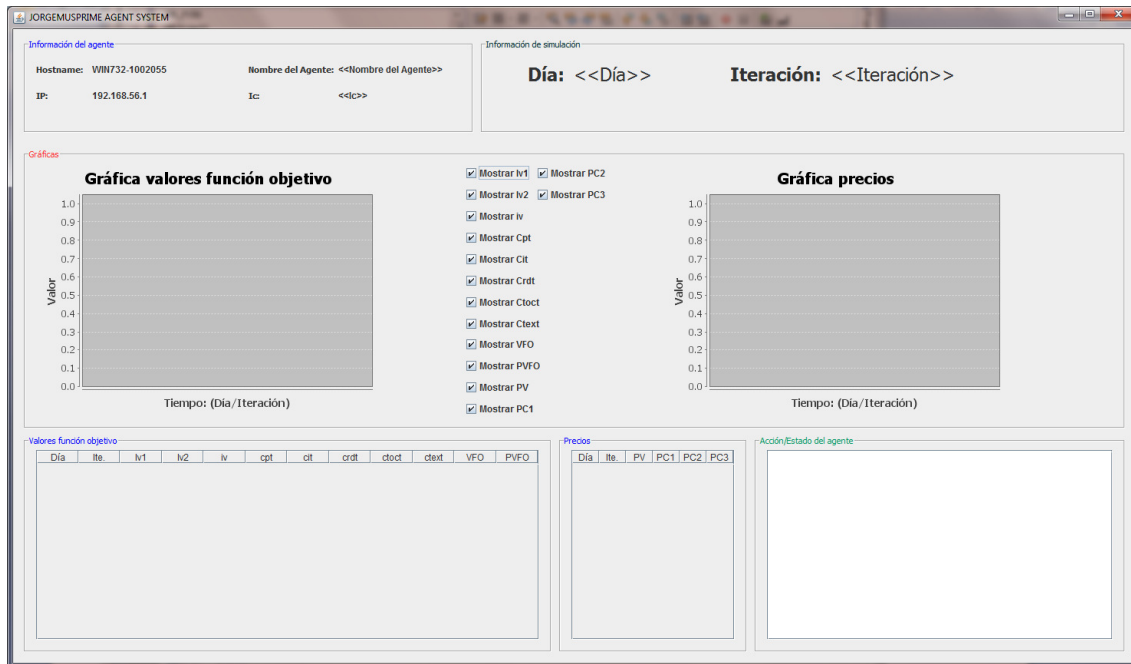


Figura 33. Interfaz de apoyo al proceso de toma de decisión.

Por lo tanto, la herramienta considera las perspectivas del proceso de toma de decisión y la gestión de repositorios de información de manera conjunta. Los agentes, por tanto, favorecen la descentralización de los procesos.

6.4 APLICABILIDAD DE LA HERRAMIENTA BASADA EN SISTEMAS MULTIAGENTE EN LAS DIFERENTES TOPOLOGÍAS DE CADENA DE SUMINISTRO

En el contexto del modelado de la cadena de suministro, la herramienta basada en sistemas multiagente, no sólo representa cada nodo, sino también el proceso de intercambio de la información entre estos nodos desde un punto de vista genérico. Así, y a pesar de la complejidad de la configuración de la cadena de suministro, el modelo basado en agentes puede aplicarse a varias configuraciones o topologías de cadena de suministro para el proceso de planificación de la producción colaborativa. Adicionalmente, la herramienta propuesta considera tres tipos de agentes según los comportamientos de cliente, cliente-proveedor y proveedor para desarrollar el mecanismo de planificación en cadenas de suministro distribuidas y descentralizadas. La lógica de estos agentes se basa en el proceso de comunicación sincronizado en diferentes niveles. En base a esto, será posible gestionar los comportamientos orientados a la generación de solicitudes y respuestas desde un punto de vista colaborativo. Para esto, la herramienta tiene en cuenta el estándar FIPA de comunicación, específicamente el lenguaje ACL, que considera el protocolo de comunicación CFP.

Por lo tanto, el entorno colaborativo y descentralizado (soportado por el sistema multiagente) se puede describir desde tres puntos de vista. El

primero es un punto de vista técnico orientado a considerar diferentes repositorios de información con el fin de compartir la información correctamente. Estos repositorios (o bases de datos) son utilizados por el agente para apoyar el proceso de toma de decisión de cada nodo de la cadena. En segundo lugar, el agente se entenderá como una instancia de una clase particular que hereda los comportamientos y las restricciones. Finalmente, el flujo de información considerará una perspectiva concurrente y sincronizada para llevar a cabo los mecanismos de planificación de la producción colaborativas. Para esto, se señalan los elementos básicos que se deben tener en cuenta para implementar la herramienta. Estos son, la clase de agente que se va a instanciar, los comportamientos que se asociarán a cada actividad, los métodos JADE que se utilizan, el índice del nodo en los repositorios de información, *Ic*, y finalmente, el flujo de comunicación. A continuación se presenta la aplicabilidad de la herramienta a las diferentes topologías de cadena de suministro ya definidas en el.

6.4.1 TOPOLOGÍA DE TIPO DIÁDICA

Las cadenas de suministro de tipo diádica son aquellas con un solo nivel, donde existirá una relación de uno a uno entre dos nodos o empresas (ver Figura 34). La implementación de la herramienta en un entorno de este tipo implicará la identificación de dos tipos de agentes, el agente cliente y el agente proveedor. En términos de la herramienta, implicará la instanciación de las clases *agenteSolicitante* y *agenteProveedorNv1*.

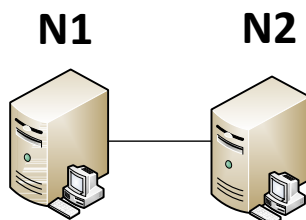


Figura 34. Estructura de la topología tipo diádica.

Las especificaciones para la implementación de la herramienta en la cadena de suministro de tipo diádica se expresan en la Tabla 9.

Tabla 9. Especificaciones implementación agentes en cadena tipo diádica.

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo <i>Ic</i>	Comunicación
N1: Solicitante	Enviar Solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	1	N1 -> N2
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
N2: proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	2	N2 -> N1
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		

En este caso, la relación entre los agentes se soporta por el principio básico de comunicación. Esto quiere decir que las clases y métodos que se implementan para esta configuración son del tipo generar pedido, gestionar pedido y generar respuestas. De esta manera, el protocolo CFP velará porque el flujo de información esté sincronizado en cuanto a la secuencia de peticiones y respuestas para ir ejecutando cada método.

6.4.2 TOPOLOGÍA DE TIPO SECUENCIAL

Las cadenas de suministro de tipo secuencial constan de varios niveles, donde existirá una relación de uno a uno entre dos nodos o empresas que se encuentren próximas (ver Figura 35). El flujo de información se inicia en el nodo cliente principal del nivel superior y se transmite hasta el nodo del último nivel. Por lo tanto, el establecimiento del acuerdo y la generación de respuestas ocurre, en primer lugar, en los niveles inferiores para ir subiendo de nivel según estos acuerdos se vayan suscitando entre los pares de agentes. La implementación de la herramienta en un entorno de este tipo implicará la identificación de tres tipos de agentes, el agente cliente, el agente cliente-proveedor y el agente proveedor. En términos de la herramienta, implicará la instanciación de las clases *agenteSolicitante*, *agenteProveedorNv1* y *agenteProveedorNv1*.

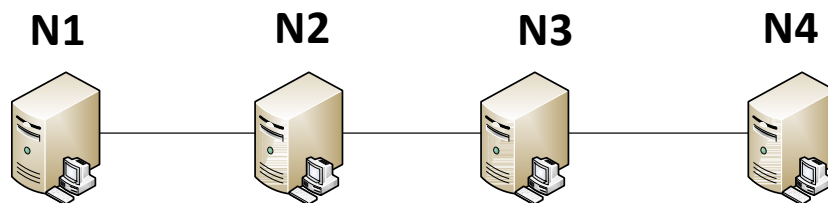


Figura 35. Estructura de la topología tipo secuencial.

Las especificaciones para la implementación de la herramienta en la cadena de suministro de tipo secuencial se expresan en la Tabla 10.

Tabla 10. Especificaciones implementación agentes en cadena tipo secuencial.

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
N1: Solicitante	Enviar Solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	1	N1 -> N2
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
N2: roveedorNv1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	2	N2 -> N3 N2->N1
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N3: proveedorN1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	3	N3->N4 N3->N2
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N4: roveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	4	N4->N3
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		

En este caso, al igual que en la configuración diádica, la relación entre los agentes se soporta por el principio la comunicación uno a uno entre los mismos. Esto quiere decir que las clases y los métodos que se implementan para esta configuración son del tipo: generar pedido, gestionar pedido y generar respuestas. Adicionalmente, es posible visualizar que la gestión de los comportamientos considera tres perspectivas. En primer lugar, se tienen en cuenta los agentes de los extremos de la cadena, cliente y proveedor, que cumplen las mismas funciones que las establecidas en la configuración diádica. En segundo lugar, se consideran los agentes de tipo cliente-proveedor. Este segundo tipo de agente es aquel que incorpora la máquina de estados para gestionar la secuencia de mensajes en relación con la gestión de los mensajes del tipo CFP.

6.4.3 TOPOLOGÍA DE TIPO JERÁRQUICA

Las cadenas de suministro de tipo jerárquicas pueden considerarse uno o varios niveles donde existirá una relación de uno a varios entre dos o más nodos o empresas (ver Figura 36). La implementación de la herramienta en un entorno de este tipo implicará la identificación de dos tipos de agentes, el agente cliente y el agente proveedor. También, se puede visualizar como una extensión de la complejidad de las relaciones ya explicada en una cadena tipo diádica. Para la definición de los elementos que debe considerar la herramienta, se considerará la instanciación de las clases *agenteSolicitante* y *agenteProveedorNv1*. Adicionalmente al ya definido protocolo CFP y sus métodos, se considera el método *SSResponderDispatcher()* para la gestión de solicitudes simultáneas en paralelo (más información en: <http://jade.tilab.com/doc/api/jade/proto/SSResponderDispatcher.html>).

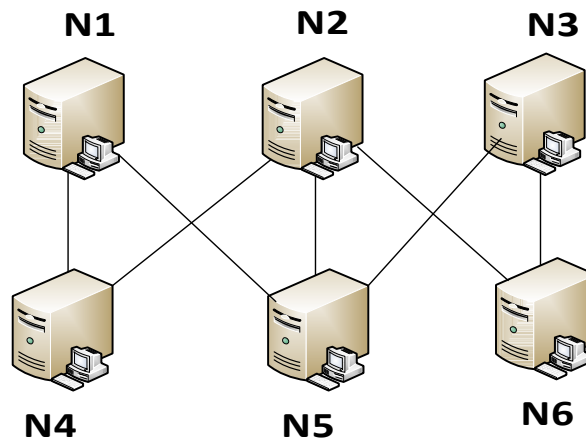


Figura 36. Estructura de la topología tipo jerárquica.

Las especificaciones para la implementación de la herramienta en la cadena de suministro de tipo jerárquica se expresan en la Tabla 11.

Tabla 11. Especificaciones de la implementación de agentes en la cadena de tipo jerárquica.

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
N1: Solicitante	Enviar Solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	1	N1 -> N4
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		N1 -> N5
N2: Solicitante	Enviar Solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	2	N2 -> N4
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		N2 -> N5
				N2 -> N6
N3: Solicitante	Enviar Solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	3	N3 -> N5
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		N3 -> N6
N4:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	4	N4 -> N1
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		N4 -> N2

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
N5:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	5	N5 -> N1
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		N5 -> N2 N5 -> N3
N6:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	6	N6 -> N2
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		N6 -> N3

Adicionalmente, un ejemplo de la implementación del método *SSResponderDispatcher* se presenta a continuación:

```
public abstract class SSResponderDispatcher extends CyclicBehaviour {
    private ConversationList activeConversations;
    private MessageTemplate template;

    public SSResponderDispatcher(Agent a, MessageTemplate tpl) {
        super(a);
        activeConversations = new ConversationList(a);
        template = MessageTemplate.and(tpl, activeConversations.getMessageTemplate());
    }

    public final void action() {
        ACLMessage msg = myAgent.receive(template);
        if (msg != null) {
            final String convId = msg.getConversationId();
            if (convId != null) {
                activeConversations.registerConversation(convId);
                SequentialBehaviour sb = new SequentialBehaviour() {
                    private static final long serialVersionUID = 12345678L;

                    public int onEnd() {
                        activeConversations.deregisterConversation(convId);
                        return super.onEnd();
                    }
                };
                sb.setBehaviourName(convId+"-Responder");
                sb.addSubBehaviour(createResponder(msg));
                myAgent.addBehaviour(sb);
            }
            else {
                System.out.println("WARNING: Incoming CFP message received with null conversation ID");
            }
            else {
                block();
            }
        }
        protected abstract Behaviour createResponder(ACLMessage initiationMsg);
    }
}
```

El concepto que soporta la implementación de este método, es que los agentes, frente a múltiples peticiones, podrán gestionar, o bien de manera secuencial o bien en paralelo los mensajes entrantes. Con lo cual será posible establecer procesos colaborativos en la relación con los clientes y proveedores de manera simultánea.

6.4.4 TOPOLOGÍA DE TIPO ÁRBOL

Las cadenas de suministro de tipo árbol constan de varios niveles, donde existirá una relación de uno a muchos entre dos nodos o más nodos o empresas que se encuentren próximas (ver Figura 37). A estas relaciones jerárquicas multinivel se les denomina relación “padre” e “hijo”. El flujo de información se inicia en el nodo cliente principal, del nivel superior, y se transmite hasta el nodo del último nivel. Por lo tanto, el establecimiento del acuerdo y la generación de respuestas ocurre, en primer lugar, en los niveles inferiores para ir subiendo de nivel según estos acuerdos se vayan suscitando entre los pares de agentes. Además, cada agente padre deberá

esperar a recibir todas las respuestas de los hijos antes de ejecutar su mecanismo de la planificación de la producción. Por lo que, además de existir esta sincronización en los mensajes, también existirán reglas y restricciones relacionadas con la finalización de los mensajes recibidos por parte de los nodos de tipo hijos.

La implementación de la herramienta en un entorno de este tipo implicará la identificación de tres tipos de agentes, el agente cliente, cliente-proveedor y proveedor. En términos de la herramienta, implicará la instanciación de las clases *agenteSolicitante*, *agenteProveedorNv1* y *agenteProveedorNv2*.

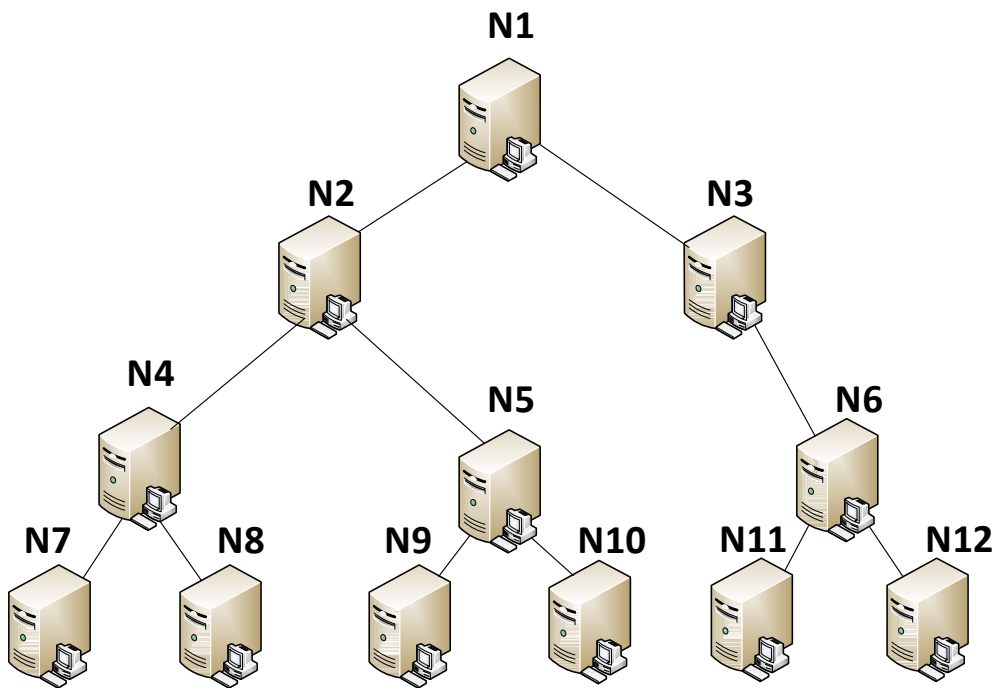


Figura 37. Estructura de la topología tipo árbol.

Las especificaciones para la implementación de la herramienta en la cadena de suministro de tipo árbol se expresan en la Tabla 12.

Tabla 12. Especificaciones de la implementación de los agentes en la cadena de tipo árbol.

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
N1: Solicitante	Enviar Solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	1	N1 -> N2
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		N1 -> N3
N2:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	2	N2 -> N5 N2 -> N5 N2 -> N1
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N3: proveedorN1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	3	N3->N6

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		N2 -> N1
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N4: proveedorN1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	4	N4->N7 N4->N8 N4 -> N2
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N5: proveedorN1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	5	N5->N9 N5->N10 N5 -> N2
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N6: proveedorN1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	6	N5->N11 N5->N12 N6 -> N3
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N7: roveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	7	N7->N4
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N8: roveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	8	N8->N4
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N9: roveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	9	N9->N5
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N10:proveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	10	N10->N5
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N11:proveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	11	N11->N6
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N12:proveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	12	N12->N6
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		

La implementación de la herramienta en esta topología implica la consideración de la complejidad de la sincronización de la información. Específicamente, en cuanto a la recepción de los mensajes y la generación de propuestas nuevas. Es decir, al existir una relación de unos a muchos, una respuesta desfavorable de un nodo proveedor, puede generar que los acuerdos conseguidos con los demás proveedores no sigan siendo válidos, por lo que el proceso de negociación tendrá lugar en todos los niveles hasta que el agente cliente correspondiente llegue a acuerdos con todos sus clientes. Estas complejidades se soportan, convenientemente, con el protocolo *FIPA-ACL* de tipo *contract-net*.

6.4.5 TOPOLOGÍA DE TIPO RUEDA

La cadena de suministro de tipo rueda, es una versión combinada de la relación diádica y jerárquica, donde existe un nodo principal, y luego una relación circular entre los proveedores de primer nivel. Por lo tanto, siguiendo los patrones de ambas topologías, la topología de tipo rueda, considera la instanciación de las clases *agenteSolicitante* y *agenteProveedorNv1* así como también la implantación del método *SSResponderDispatcher()* para la gestión de solicitudes simultáneas en paralelo.

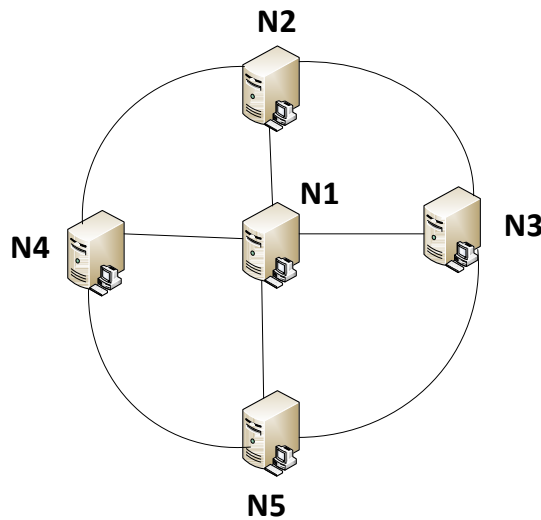


Figura 38. Estructura de la topología de tipo rueda.

Las especificaciones para la implementación de la herramienta en la cadena de suministro de tipo rueda se expresan en la Tabla 13.

Tabla 13. Especificaciones de la implementación de los agentes en la cadena de tipo rueda.

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo	Comunicación
Solicitante	Enviar Solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	1	N1 -> N2 N1 -> N3
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		N1 -> N4 N1 -> N5
N2:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	2	N2 -> N4

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo	Comunicación
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		N2 -> N1 N2 -> N3
N4:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	4	N4 -> N5
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		N4 -> N1 N4 -> N2
N5:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	5	N5 -> N3
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		N5 -> N4 N5 -> N1
N3:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	3	N3 -> N2
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		N3 -> N1 N1 -> N5

La implementación de esta topología es una extensión de la de los agentes definidos para las cadenas de tipo diádica y jerárquica. Por lo tanto, el diseño y la implementación de la herramienta es robusto en cuanto a la utilización de los métodos genéricos definidos en el diseño y la estructura de la arquitectura.

6.4.6 TOPOLOGÍA DE TIPO RED

Las cadenas de suministro de tipo red pueden tener uno o varios niveles, donde existirá una relación de varios a varios entre dos o más nodos o empresas (ver Figura 39). La implementación de la herramienta en un entorno de este tipo implicará la identificación de tres tipos de agentes, el cliente, cliente-proveedor y proveedor. También, se puede visualizar como una extensión de las relaciones de las cadenas de tipo jerárquica, rueda y secuencial. Para la definición de los elementos que debe considerar la herramienta, se considerará la instanciación de las clases *agenteSolicitante*, *agenteProveedorNv1* y *agenteProveedorNv2*, adicionalmente, se tiene en cuenta el método *SSResponderDispatcher()* para la gestión de solicitudes simultáneas en paralelo

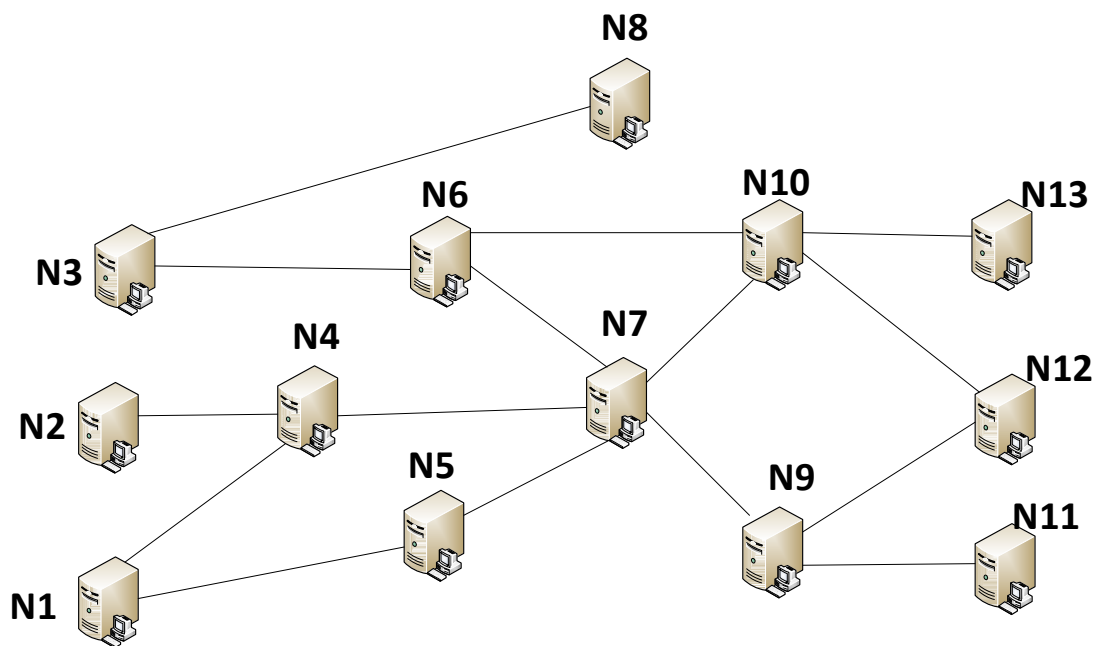


Figura 39. Estructura de la topología de tipo red.

Las especificaciones para la implementación de la herramienta en la cadena de suministro de tipo árbol se expresan en la Tabla 14.

Tabla 14. Especificaciones implementación agentes en cadena tipo red.

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
N1: Solicitante	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	1	N1 -> N4
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		N1 -> N5
N2: Solicitante	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	2	N2 -> N4
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
N3: Solicitante	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>	3	N3 -> N6
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		N3 -> N8

Capítulo 6 –Diseño e implementación de una herramienta basada en sistemas multiagente para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
N4:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	4	N4 -> N7 N4 -> N1 N4 -> N2
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N5:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	5	N5 -> N7 N5 -> N1
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N6:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	6	N6 -> N7 N6 -> N10 N6 -> N3
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N7:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	7	N7 -> N9 N7 -> N10 N7 -> N4 N7 -> N5 N7 -> N6
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N8:proveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	8	N8 -> N3
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N9:proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder()</i>	9	N9 -> N12 N9 -> N11 N9 -> N7
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N10: proveedorNv1	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	10	N10 -> N12 N10 -> N13 N10 -> N6 N10 -> N7
	Enviar solicitud	<i>ContractNetInitiator()</i>		
	Recepción de respuesta	<i>handleAllResponses()</i>		
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N11:	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	11	N11 -> N9

Agente	Comportamientos	Método JADE	Nodo Ic	Comunicación
proveedorNv2	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N12: proveedorNv2	Recibir solicitud	<i>SSResponderDispatcher()</i>	12	N12 -> N9 N12 -> N10
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		
N13: proveedorNv2	Recibir solicitud	<i>ContractNetResponder</i>	13	N13 -> N10
	Enviar respuesta	<i>prepareResponse()</i>		

Por lo tanto, la implementación de la topología de tipo red, es una extensión de las anteriormente definidas. Los métodos que se utilizan y las clases de agentes que se instancian son los mismos. En relación con el proceso de la planificación de la producción colaborativa, se puede ver que éste se ha definido de forma independiente a la configuración. Así, la herramienta se centra en la gestión y sincronización de los flujos de información para apoyar los mecanismos de planificación de la producción. La característica genérica de la herramienta y los agentes definidos ha permitido soportar las especificaciones de las diferentes topologías.

Con el objetivo de probar la validez de la herramienta, el Capítulo 7 presenta un ejemplo numérico de cadena de suministro de tipo árbol para, en primer lugar, demostrar el correcto funcionamiento de la gestión de los mensajes y el flujo de información y, en segundo lugar, presentar las bondades de la colaboración frente a los entornos de tipo no colaborativos.

6.5 CONCLUSIONES

El diseño y la implementación de una herramienta puede considerar muchos elementos así como fases de desarrollo. En este capítulo se ha tenido en cuenta el Framework estándar de Zachman para establecer un orden en cuanto a la definición de los elementos del diseño. Seguidamente, cada elemento ha sido definido con detalle mayor explicar la fase de implementación de la herramienta según una perspectiva basada en agentes.

Haciendo referencia a los objetivos planteados al inicio de la fase de diseño, se ha especificado el diseño y la implementación de una herramienta de apoyo al proceso de la planificación de la producción colaborativa en cadenas de suministro. Ésta se ha diseñado desde un punto de vista genérico para permitir su aplicación a diferentes tipos de topologías de cadena de suministro. Para esto, la herramienta se ha desarrollado hasta el nivel de detalle que permite que las funcionalidades básicas se cumplan. Por lo tanto, la herramienta puede considerar muchos puntos de mejora, sobre todo en la implementación y el desarrollo de un entorno más amigable para el usuario.

Los procesos de colaboración consideran múltiples niveles con diferentes mecanismos de planificación de la producción, con lo que sería mucho más complejo ejecutarlo de forma manual en lugar de automática. Al mismo tiempo, las especificaciones de la herramienta la hacen fácilmente replicable para otros entornos o para soportar otros procesos colaborativos que consideren diferentes mecanismos. En este caso, la herramienta ha contado con un diseño robusto desde sus definiciones iniciales en la arquitectura del Capítulo 5. Posteriormente, se ha llevado a cabo el diseño y, finalmente, la implementación.

Otro aspecto relevante del desarrollo de la herramienta, es que está soportada por una tecnología de alto impacto tecnológico para el modelado de los procesos, el diseño de la herramienta misma y en la implementación para soportar procesos colaborativos. Esta tecnología es la de los sistemas multiagente, formada por agentes, que se consideran como entidades con características como la sociabilidad, reactividad, autonomía y pro-actividad. Por lo tanto, cada agente podrá ejecutar actividades autónomas y desarrollar razonamientos que apoyen los procesos de toma de decisión del dominio de modelado.

En términos de la aplicación de los sistemas multiagente a la gestión de la cadena de suministro, éstos apoyarán las definiciones conceptuales en función de los flujos de información o mensajes que existan entre los nodos de la cadena. Seguidamente, los agentes también apoyarán la identificación de técnicas de modelado que permitan la representación de entornos complejos en función de sus interacciones en la información o flujo mensajes. De esta manera, la mayoría de las representaciones considerarán de forma conjunta un nivel decisión estratégico-táctico para el diseño y la

planificación de actividades, y de forma separada el nivel de decisión operativo para la ejecución de las mismas.

Respecto al proceso de la planificación de la producción colaborativa, el diseño y la implementación de la herramienta basada en los sistemas multiagente permite a cada nodo de la cadena considerar su propio repositorio de información desde una perspectiva descentralizada respecto al flujo de información y el acceso a la información. Además, el mecanismo para la planificación de la producción, que se basa en el modelo propuesto por **Mula (2004)**, apoya los procesos de toma de decisión de forma independiente. Por lo tanto, cada nodo ejecuta sus mecanismos de planificación de forma independiente y se sincroniza tanto con sus proveedores como con sus clientes para desarrollar el proceso de toma de decisión. El concepto principal que alberga el mecanismo de planificación de la producción colaborativa, es que los modelos poseerán cierta información de los nodos proveedores, con lo cual, cuando el nodo cliente recibe la respuesta a los pedidos, la incorpora en su sistema de repositorios de información para evaluar las peticiones futuras según esta información adicional de los proveedores. Esto implicará, por lo tanto, la generación de acuerdos mediante negociaciones, o iteraciones, entre clientes y proveedores. Este proceso de negociación estará compuesto por las entradas y salidas que se vinculan con las decisiones y las respuestas de todos los niveles de la cadena de suministro. Así, por tanto, con la herramienta basada en sistemas multiagente, se podrá conseguir no sólo mejorar la exactitud de los procesos de toma de decisión, sino que también se podrán establecer los vínculos entre las informaciones internas y externas que permitan mejorar el rendimiento de la cadena de suministro entera y de cada nodo. Además, se ha visto como el modelo basado en agentes se presenta como una manera eficaz y directa para representar los procesos de colaboración en las cadenas de suministro colaborativas, sobre todo aquellas con una orientación descentralizada del proceso de planificación de la producción.

REFERENCIAS

1. Bellifemine, F., Caire, G, Poggi, A. y Rimassa, G. (2008). JADE: A software framework for developing multi-agent applications. Lessons learned. Information and Software Technology, Vol. 50 No. 1-2, pp. 10-21.
2. Dudek G. y Stadtler, H. (2007). Negotiation-based collaborative planning in divergent two-tier supply chains, International Journal of Production Research, Vol. 45, No. 2, pp. 465 - 484.
3. FIPA (2011). The Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA). Disponible en: <http://www.fipa.org/repository/aclspecs.html> (Accedido el 15-07-2011).
4. Hernández J.E, Poler, R. y Mula, J. (2010). An Interoperable enterprise architecture to support decentralized collaborative planning processes in supply chain networks. En: Enterprise Interoperability IV Springer (Ed.), pp. 213-224.
5. JADE (2011). Java Agent DEvelopment Framework. Disponible en: <http://jade.tilab.com/> (Accedido el 15-07-2011).
6. JAVA (2011). What is Java technology and why do I need it?. Disponible en: http://www.java.com/en/download/faq/whatis_java.xml (Accedido el 15-07-2011).
7. Jung H., Chen, F.F. and Jeong, B. (2008). Decentralized supply chain planning framework for third party logistics partnership. Computers & Industrial Engineering, Vol. 55, pp. 348–364.
8. MsAccess (2011). Access Help and How-To. Disponible en: <http://office.microsoft.com/en-us/access-help/> (Accedido el 15-07-2011).
9. Mula, J. (2004). Modelos para la planificación de la producción bajo incertidumbre. Aplicación en una empresa del sector del automóvil. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
10. MySQL (2011). MySQL Enterprise Edition. Disponible en: <http://www.mysql.com/products/enterprise/> (Accedido el 15-07-2011).
11. NetBeans (2011). NetBeans IDE Release Information. Disponible en: <http://netbeans.org/community/releases/> (Accedido el 15-07-2011).
12. Sadeh N.M, Hildum, D.W., Kjenstadand, D. y Tseng, A. (1999). MASCOT: An Agent-Based Architecture for Coordinated Mixed-Initiative Supply Chain Planning and Scheduling, Third International Conference on Autonomous Agents (Agents '99), Workshop on Agent-Based Decision Support for Managing the Internet-Enabled Supply Chain, Seattle, US.
13. Soosay C.A. Hyland, P.W. y Ferrer, M. (2008). Supply chain collaboration: capabilities for continuous innovation. Supply Chain Management: An International Journal, Vol 13 No. 2, pp. 160-169.

14. Rational Software Corporation (2003). Rational Unified Process (RUP) (Versión 2003.06.00). New York: IBM Rational Software Corporation.
15. Wadhwa S., Bibhushan, Prakash, A. (2008). Service Performance of Some Supply Chain Inventory Policies Under Demand Impulses, *Studies in Informatics and Control*, Vol. 17, No. 1, pp. 45-56.

APLICACIÓN DE LA
ARQUITECTURA PROPUESTA
PARA SOPORTAR EL
PROCESOS DE LA
PLANIFICACIÓN DE LA
PRODUCCIÓN COLABORATIVA
EN UNA CADENA DE
SUMINISTRO DE TIPO ÁRBOL

CAPÍTULO

7

ÍNDICE – CAPÍTULO 7

7. Aplicación de la arquitectura propuesta para soportar el proceso de la planificación de la producción colaborativa en una cadena de suministro de tipo árbol.....	627
7.1 Introducción.....	627
7.2 Modelado del proceso de la producción colaborativa en una cadena de suministro de tipo árbol según la arquitectura propuesta.....	629
7.2.1 Caracterización de la cadena de suministro de tipo árbol (Dónde).....	630
7.2.2 Nodos y recursos en la cadena de suministro de tipo árbol (Quién) ..	631
7.2.3 Definición de la problemática y los objetivos de la planificación de la producción colaborativa (Motivación)	634
7.2.4 Definición de las entradas y salidas para el proceso de la planificación de la producción colaborativa (Qué).....	635
7.2.4.1 Demanda.....	635
7.2.4.2 Lista de materiales (BOM).....	637
7.2.4.3 MasterP.....	638
7.2.4.4 Rutas.....	640
7.2.4.5 MRP.....	642
7.2.4.6 Salidas.....	643
7.2.5 El proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro de tipo árbol (Cómo).....	644
7.2.6 Mecanismo de ejecución (Cuándo).....	646
7.3 Método de Evaluación.....	651
7.4 Experimentos computacionales.....	651
7.4.1 Presunciones	652
7.4.2 Datos de entrada	653

7.4.3	Definición de escenarios.....	654
7.4.4	Evaluación de los resultados.....	654
7.4.4.1	Casos iniciales de VERIFICACIÓN	655
7.4.4.2	Saturación de la demanda versus su variabilidad.....	658
7.4.4.2.1	Escenario E ₁₁ para nivel 90 y variabilidad 25% (N90-V025).....	659
7.4.4.2.2	Escenario E ₂₁ para nivel 90 y variabilidad 75% (N90-V075).....	661
7.4.4.2.3	Escenario E ₃₁ para nivel 90 y variabilidad 100% (N90-V100).....	665
7.4.4.2.4	Escenario E ₄₁ para nivel 90 y variabilidad 200% (N90-V200).....	668
7.4.4.2.5	Escenario E ₁₂ para nivel 100 y variabilidad 25% (N100-V025).....	671
7.4.4.2.6	Escenario E ₂₂ para nivel 100 y variabilidad 75% (N100-V075).....	674
7.4.4.2.7	Escenario E ₃₂ para nivel 100 y variabilidad 100% (N100-V100) ..	677
7.4.4.2.8	Escenario E ₄₂ para nivel 100 y variabilidad 200% (N100-V200) ..	680
7.4.4.2.9	Escenario E ₁₃ para nivel 110 y variabilidad 25% (N110-V025).....	683
7.4.4.2.10	Escenario E ₂₃ para nivel 110 y variabilidad 75% (N110-V075).....	686
7.4.4.2.11	Escenario E ₃₃ para nivel 110 y variabilidad 100% (N110-V100) ..	689
7.4.4.2.12	Escenario E ₄₃ para nivel 110 y variabilidad 200% (N110-V200) ..	692
7.4.4.3	Réplica de ejemplo para ciclo característico de iteraciones de negociación para N100-V100	695
7.4.4.4	Evolución de beneficios.....	698
7.4.4.5	Evolución de niveles de servicio	702
7.4.5	Análisis del impacto de la variabilidad y saturación según cada escenario en la cadena de suministro.....	706
7.5	Conclusiones	708
	Referencias.....	709

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. La cadena de suministro de tipo árbol.....	630
Figura 2. Nodos y recursos de la cadena de suministro de tipo árbol.	632
Figura 3. Relación tablas MasterP en los diferentes niveles.....	640
Figura 4. Instancias del mecanismo de la planificación de la producción colaborativa para la cadena de suministro de tipo árbol.	644
Figura 5. Relación de componentes para la ejecución del mecanismo de PP.	646
Figura 6. Relación de repositorios de información en diferentes niveles de la cadena.	647
Figura 7. Generación de respuesta y recepción en el nodo cliente.....	647
Figura 8. Iteraciones para la generación de experimentos.....	648
Figura 9. Gestión de la información en el NODO1.....	649
Figura 10. Gestión de la información en el NODO2.....	649
Figura 11. Gestión de la información en el NODO5.....	650
Figura 12. Gestión de la información en el NODO6.....	650
Figura 13. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₁₁	659
Figura 14. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₁₁	659
Figura 15. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₁₁	659
Figura 16. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₁₁	659
Figura 17. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₁₁ . .	660
Figura 18. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₁₁ . .	660
Figura 19. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₁₁ . .	661
Figura 20. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₁₁ . .	661
Figura 21. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₂₁	662
Figura 22. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₂₁	662
Figura 23. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₂₁	662
Figura 24. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₁₁	662
Figura 25. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₂₁ . .	664
Figura 26. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₂₁ . .	664
Figura 27. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₂₁ . .	664
Figura 28. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₂₁ . .	664
Figura 29. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₃₁	665
Figura 30. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₃₁	665
Figura 31. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₃₁	665

Figura 32. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₃₁	665
Figura 33. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₃₁ .	667
Figura 34. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₃₁ .	667
Figura 35. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₃₁ .	667
Figura 36. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₃₁ .	667
Figura 37. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₄₁	668
Figura 38. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₄₁	668
Figura 39. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₄₁	668
Figura 40. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₄₁	668
Figura 41. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₄₁ .	670
Figura 42. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₄₁ .	670
Figura 43. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₄₁ .	670
Figura 44. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₄₁ .	670
Figura 45. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₁₂	671
Figura 46. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₁₂	671
Figura 47. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₁₂	671
Figura 48. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₁₂	671
Figura 49. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₁₂ .	673
Figura 50. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₁₂ .	673
Figura 51. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₁₂ .	673
Figura 52. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₁₂ .	673
Figura 53. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₂₂	674
Figura 54. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₂₂	674
Figura 55. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₂₂	674
Figura 56. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₂₂	674
Figura 57. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₂₂ .	676
Figura 58. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₂₂ .	676
Figura 59. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₂₂ .	676
Figura 60. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₂₂ .	676
Figura 61. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₃₂	677
Figura 62. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₃₂	677
Figura 63. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₃₂	677

Figura 64. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₃₂	677
Figura 65. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₃₂ .	679
Figura 66. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₃₂ .	679
Figura 67. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₃₂ .	679
Figura 68. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₃₂ .	679
Figura 69. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₄₂	680
Figura 70. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₄₂	680
Figura 71. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₄₂	680
Figura 72. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₄₂	680
Figura 73. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₄₂ .	682
Figura 74. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₄₂ .	682
Figura 75. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₄₂ .	682
Figura 76. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₄₂ .	682
Figura 77. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₁₃	683
Figura 78. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₁₃	683
Figura 79. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₁₃	683
Figura 80. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₁₃	683
Figura 81. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₁₃ .	685
Figura 82. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₁₃ .	685
Figura 83. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₁₃ .	685
Figura 84. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₁₃ .	685
Figura 85. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₂₃	686
Figura 86. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₂₃	686
Figura 87. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₂₃	686
Figura 88. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₂₃	686
Figura 89. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₂₃ .	688
Figura 90. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₂₃ .	688
Figura 91. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₂₃ .	688
Figura 92. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₂₃ .	688
Figura 93. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₃₃	689
Figura 94. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₃₃	689
Figura 95. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₃₃	689

Figura 96. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₃₃	689
Figura 97. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₃₃ . .	691
Figura 98. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₃₃ . .	691
Figura 99. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₃₃ . .	691
Figura 100. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₃₃ .	691
Figura 101. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E ₄₃	692
Figura 102. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E ₄₃	692
Figura 103. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E ₄₃	692
Figura 104. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E ₄₃	692
Figura 105. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E ₄₃ .	694
Figura 106. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E ₄₃ .	694
Figura 107. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E ₄₃ .	694
Figura 108. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E ₄₃ .	694
Figura 109. Patrón ejemplo de demanda para la réplica 71 en N100-V100.	695
Figura 110. Réplica 71 de ejemplo en N100-V100. Beneficios para los casos NCOL y COL.	697
Figura 111. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO1 – N90.	698
Figura 112. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO2 – N90.	698
Figura 113. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO5 – N90.	699
Figura 114. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO6 – N90.	699
Figura 115. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO1 – N100.	700
Figura 116. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO2 – N100.	700
Figura 117. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO5 – N100.	700
Figura 118. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO6 – N100.	700
Figura 119. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO1 – N110.	701
Figura 120. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO2 – N110.	701
Figura 121. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO5 – N110.	701
Figura 122. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO6 – N110.	701
Figura 123. Evolución de NS NODO1 – N90.	702
Figura 124. Evolución de NS NODO2 – N90.	702
Figura 125. Evolución de NS NODO5 – N90.	703

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena
de suministro de tipo árbol

Figura 126. Evolución de NS NODO6 – N90.....	703
Figura 127. Evolución de NS NODO1 – N100.....	704
Figura 128. Evolución de NS NODO2 – N100.....	704
Figura 129. Evolución de NS NODO5 – N100.....	704
Figura 130. Evolución de NS NODO6 – N100.....	704
Figura 131. Evolución de NS NODO1 – N110.....	705
Figura 132. Evolución de NS NODO2 – N110.....	705
Figura 133. Evolución de NS NODO5 – N110.....	705
Figura 134. Evolución de NS NODO6 – N110.....	705
Figura 135. Evolución de la diferencia de los beneficios de la cadena de suministro.....	707
Figura 136. Evolución de la diferencia de los NS de la cadena de suministro.....	708

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla Demanda.....	635
Tabla 2. Tabla Demanda NODO1.....	636
Tabla 3. Tabla Demanda NODO2.....	637
Tabla 4. Tabla Demanda NODO5.....	637
Tabla 5. Tabla Demanda NODO6.....	637
Tabla 6. Tabla BOM.....	638
Tabla 7. Tabla BOM en NODO1.....	638
Tabla 8. Tabla BOM en NODO2.....	638
Tabla 9. Tabla BOM en NODO5.....	638
Tabla 10. Tabla BOM en NODO6.....	638
Tabla 11. Tabla MasterP.....	639
Tabla 12. Tabla MasterP NODO1.....	639
Tabla 13. Tabla MasterP NODO2.....	639
Tabla 14. Tabla MasterP NODO5.....	639
Tabla 15. Tabla MasterP NODO6.....	639
Tabla 16. Tabla Rutas.....	640
Tabla 17. Aplicación tabla rutas al entorno de cadena de suministro.....	640
Tabla 18. Tabla Rutas NODO1.....	641
Tabla 19. Tabla Rutas NODO2.....	641
Tabla 20. Tabla Rutas NODO5.....	641
Tabla 21. Tabla Rutas NODO6.....	641
Tabla 22. Tabla MRP.....	642
Tabla 23. Tabla MRP NODO1.....	642
Tabla 24. Tabla MRP NODO2.....	642
Tabla 25. Tabla MRP NODO5.....	642
Tabla 26. Tabla MRP NODO6.....	642
Tabla 27. Tabla LOG.....	643
Tabla 28. Tabla BENEFICIO.....	643
Tabla 29. Tabla Nivel de servicio.....	643
Tabla 30. Elementos de entrada y sus relaciones.....	653
Tabla 31. Configuración de los datos de entrada.....	653
Tabla 32. Definición de escenarios.....	654
Tabla 33. Secuencia de resultados de las negociaciones para el caso ideal E ₀₂	656
Tabla 34. Beneficios brutos. Escenario E ₀₂ de verificación.....	657
Tabla 35. Beneficios relativos al coste de producción. Escenario E ₀₂ de verificación.....	657
Tabla 36. Nivel de servicio. Escenario E ₀₂ de verificación.....	658
Tabla 37. Nomenclatura de experimentos.....	658
Tabla 38. Beneficios brutos. Escenario E ₁₁	660
Tabla 39. Beneficios relativos. Escenario E ₁₁	660
Tabla 40. Nivel de servicio. Escenario E ₁₁	661
Tabla 41. Beneficios brutos. Escenario E ₂₁	663
Tabla 42. Beneficios relativos. Escenario E ₂₁	663
Tabla 43. Nivel de servicio. Escenario E ₂₁	664
Tabla 44. Beneficios brutos. Escenario E ₃₁	666

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena
de suministro de tipo árbol

Tabla 45. Beneficios relativos. Escenario E ₃₁	666
Tabla 46. Nivel de servicio. Escenario E ₃₁	667
Tabla 47. Beneficios brutos. Escenario E ₄₁	669
Tabla 48. Beneficios relativos. Escenario E ₄₁	669
Tabla 49. Nivel de servicio. Escenario E ₄₁	670
Tabla 50. Beneficios brutos. Escenario E ₁₂	672
Tabla 51. Beneficios relativos. Escenario E ₁₂	672
Tabla 52. Nivel de servicio. Escenario E ₁₂	673
Tabla 53. Beneficios brutos. Escenario E ₂₂	675
Tabla 54. Beneficios relativos. Escenario E ₂₂	675
Tabla 55. Nivel de servicio. Escenario E ₂₂	676
Tabla 56. Beneficios brutos. Escenario E ₃₂	678
Tabla 57. Beneficios relativos. Escenario E ₃₂	678
Tabla 58. Nivel de servicio. Escenario E ₃₂	679
Tabla 59. Beneficios brutos. Escenario E ₄₂	681
Tabla 60. Beneficios relativos. Escenario E ₄₂	681
Tabla 61. Nivel de servicio. Escenario E ₄₂	682
Tabla 62. Beneficios brutos. Escenario E ₁₃	684
Tabla 63. Beneficios relativos. Escenario E ₁₃	684
Tabla 64. Nivel de servicio. Escenario E ₁₃	685
Tabla 65. Beneficios brutos. Escenario E ₂₃	687
Tabla 66. Beneficios relativos. Escenario E ₂₃	687
Tabla 67. Nivel de servicio. Escenario E ₂₃	689
Tabla 68. Beneficios brutos. Escenario E ₃₃	690
Tabla 69. Beneficios relativos. Escenario E ₃₃	690
Tabla 70. Nivel de servicio. Escenario E ₃₃	692
Tabla 71. Beneficios brutos. Escenario E ₄₃	693
Tabla 72. Beneficios relativos. Escenario E ₄₃	693
Tabla 73. Nivel de servicio. Escenario E ₄₃	694
Tabla 74. Réplica 71 de ejemplo en N100-V100. Proceso no-colaborativo.	696
Tabla 75. Réplica 71 de ejemplo en N100-V100. Proceso colaborativo.....	696
Tabla 76. Evolución de beneficios NODO1 – N90.....	698
Tabla 77. Evolución de beneficios NODO2 – N90.....	698
Tabla 78. Evolución de beneficios NODO5 – N90.....	698
Tabla 79. Evolución de beneficios NODO6 – N90.....	698
Tabla 80. Evolución de beneficios NODO1 – N100.....	699
Tabla 81. Evolución de beneficios NODO2 – N100.....	699
Tabla 82. Evolución de beneficios NODO5 – N100.....	699
Tabla 83. Evolución de beneficios NODO6 – N100.....	699
Tabla 84. Evolución de beneficios NODO1 – N110.....	700
Tabla 85. Evolución de beneficios NODO2 – N110.....	700
Tabla 86. Evolución de beneficios NODO5 – N110.....	700
Tabla 87. Evolución de beneficios NODO6 – N110.....	700
Tabla 88. Evolución de NS NODO1 – N90.....	702
Tabla 89. Evolución de NS NODO2 – N90.....	702
Tabla 90. Evolución de NS NODO5 – N90.....	702
Tabla 91. Evolución de NS NODO6 – N90.....	702
Tabla 92. Evolución de NS NODO1 – N100.....	703

Tabla 93. Evolución de NS NODO2 – N100.	703
Tabla 94. Evolución de NS NODO5 – N100.	703
Tabla 95. Evolución de NS NODO6 – N100.	703
Tabla 96. Evolución de NS NODO1 – N110.	704
Tabla 97. Evolución de NS NODO2 – N110.	704
Tabla 98. Evolución de NS NODO5 – N110.	704
Tabla 99. Evolución de NS NODO6 – N110.	704
Tabla 100. Evolución de la diferencia de los beneficios de la cadena de suministro.	706
Tabla 101. Evolución de la diferencia de los NS de la cadena de suministro.	707

7. APLICACIÓN DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA PARA SOPORTAR EL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO DE TIPO ÁRBOL.

7.1 INTRODUCCIÓN

Los procesos de toma de decisión de las empresas consideran, como uno de los elementos principales, el flujo de información existente en el entorno. En un contexto específico de cadena de suministro, los flujos van desde clientes a proveedores a modo de solicitud, y de proveedores a clientes en forma de respuesta. Por lo tanto, resulta importante que estos flujos estén sincronizados con los procesos y los mecanismos de toma de decisión de estas empresas. Así, la cadena de suministro se considerará como un grupo de miembros que se orientarán, fundamentalmente, a cumplir con la demanda del cliente final (uno o varios). Específicamente, en un entorno de fabricación se desarrollarán funciones como la adquisición de los materiales y la transformación de éstos en productos intermedios y finales para apoyar su posterior distribución.

Además, desde el punto de vista del cliente final, la demanda debe satisfacerse en el momento y la cantidad adecuados, por lo general, en su totalidad. Por lo que se requerirá de una integración adecuada entre los diferentes elementos de la cadena para cumplir con este requisito principal. Para esto, se establecen mecanismos y modelos de gestión que apoyen: las actividades en las diferentes ubicaciones de los nodos de la cadena, la gestión de las entidades organizativas de la cadena, el proceso de toma de decisión de los nodos y las tecnologías de la información que se han de considerar para soportar los mecanismos de la planificación de la producción y la comunicación con los demás nodos de la cadena. Seguidamente, y teniendo en cuenta lo que se establece en el Capítulo 5 y el Capítulo 6, la cadena de suministro se podrá modelar como una red de nodos autónomos (Wadhwa *et al.*, 2008), donde las acciones del nodo principal, tales como la gestión de los pedidos, el envío y la recepción de los productos considerarán políticas planificación para responder a los requerimientos de los clientes respectivos.

Para el desarrollo del proceso de planificación en un entorno de cadena de suministro, será importante considerar y aceptar los objetivos que cada nodo persigue y, por tanto, deberá existir un proceso de adaptación en base a los flujos de información, las restricciones y los requerimientos de los nodos (clientes y proveedores). Así, muchos de estos objetivos soportarán de manera directa los procesos de toma de decisión de los nodos. Esto implica que los nodos deberán colaborar en el intercambio de información con tal de apoyar sus propios procesos de toma de decisión. Esta colaboración surgirá, por tanto, en base al intercambio de información adecuada y útil que permita, por ejemplo, reducir costes, generar entregas puntuales y procesos eficientes, así como además una coordinación eficiente entre los nodos de la cadena de suministro (Soosay *et al.*, 2008). Seguidamente, tal como

estudiado en el Capítulo 3 y planteado en la arquitectura definida en el Capítulo 5, la colaboración en la cadena de suministro dependerá de si los miembros de ésta están dispuestos a compartir e intercambiar la información requerida para el proceso de planificación (**Dudek y Stadler, 2007**). Además, teniendo en cuenta las bases de la arquitectura propuesta para el modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro, una colaboración realista será la de tipo descentralizada, donde cada nodo intercambia parte de su información y desarrolla sus procesos de toma de decisión de forma independiente (**Hernández et al., 2010**). Con esto se podrá garantizar un flujo de intercambio de información independiente entre los nodos de la cadena de suministro así como el uso de tecnologías independientes para soportar sus procesos internos (por ejemplo, el de la planificación de la producción). En este contexto, tal como especificado en la fase de diseño del Capítulo 6, una de las mejores tecnologías con el fin de apoyar la colaboración descentralizada es la de los sistemas multiagente (**Jung et al., 2008**). Esta tecnología al considerar los enfoques descentralizados de la colaboración en la cadena de suministro, se presenta como una herramienta clave para soportar los procesos de planificación mediante la coordinación adecuada de todos los nodos de la cadena (**Sadeh et al., 1999**).

Por lo tanto, teniendo en cuenta la arquitectura y el diseño e implementación de la herramienta, en el presente Capítulo 7 se presenta un ejemplo en base a una de las topologías estudiadas en los capítulos anteriores con el objetivo de presentar las ventajas de la consideración de procesos colaborativos para soportar el proceso de toma de decisión de los nodos desde una perspectiva descentralizada. Específicamente, se presenta la aplicación de la arquitectura y el diseño para dar soporte al proceso de la planificación de la producción colaborativa en una cadena de suministro de tipo árbol mediante la aplicación de un modelo de negociación soportado por mecanismos de comunicación multinivel y concurrente según los sistemas multiagente.

En función de esto, las aportaciones de este Capítulo 7 se podrán ver desde dos puntos de vista. La primera, respecto a la aplicabilidad de la arquitectura basada en el *Framework* de Zachman y el diseño propuesto para la validación de las hipótesis de la presente tesis. La segunda es respecto a la utilización de modelos de programación lineal para soportar los procesos de toma de decisión de los nodos. Además, se vincula lo teórico con lo práctico, es decir, se tendrá en cuenta una particularización de las propuestas de los Capítulos 5 y 6. Concretamente, se tiene en cuenta una cadena de suministro de tipo árbol de cuatro nodos, lo que implica considerar un primer nivel donde se recibe la demanda del cliente final, un segundo nivel que hace las veces del fabricante, y un tercer nivel que representa a los proveedores de segundo nivel. El objetivo es presentar, de una manera cuantitativa, las ventajas de la colaboración frente a la no colaboración.

Este capítulo, por lo tanto, se centra en dos partes. Primero, teniendo en cuenta la estructura del *Framework* de Zachman, se genera una

descripción de la configuración de la cadena, los nodos y los flujos de información que se utilizarán. Al mismo tiempo, se consideran las descripciones pertinentes del caso de estudio. Por lo que, este documento se establece de la siguiente manera: en primer lugar, se modela el proceso de la planificación de la producción colaborativa para la arquitectura de tipo árbol seleccionada. A continuación, se amplía el concepto de colaboración para la perspectiva descentralizada en la cadena de suministro. Seguidamente, se analizan los resultados experimentales para validar la propuesta de esta tesis y resaltar su contribución al campo de la investigación de la aplicabilidad de los sistemas multiagente desde un punto de vista cualitativo para entornos de cadena de suministro descentralizados y colaborativos. Finalmente, se presentan las principales conclusiones y líneas futuras de investigación.

7.2 MODELADO DEL PROCESO DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO DE TIPO ÁRBOL SEGÚN LA ARQUITECTURA PROPUESTA

El modelado del proceso de la planificación de la producción colaborativa se enmarca en la sexta dimensión del *Framework* de Zachman. Bajo esta dimensión se identifican los componentes principales del modelo. Estos componentes establecen, principalmente, el entorno, los recursos, las motivaciones, las entradas y las salidas así como el mecanismo propio para soportar este proceso. Específicamente, se definen las siguientes perspectivas:

- **Dónde.** En esta perspectiva se caracteriza la cadena de suministro de tipo árbol para definir los nodos y sus relaciones.
- **Quién.** Se identifican y especifican los nodos y recursos que intervienen en el proceso de la planificación de la producción colaborativa. Esto con tal de visualizar los flujos y mecanismos de comunicación.
- **Motivación.** Define la problemática y los objetivos de la planificación de la producción colaborativa con tal de vincular el mecanismo colaborativo y la tecnología de solución.
- **Qué.** Identifica las entradas y las salidas para el proceso de la planificación de la producción colaborativa en la cadena de suministro de tipo árbol.
- **Cómo.** Describe el mecanismo de cálculo.
- **Cuándo.** Establece los mecanismos para soportar el flujo de información entre los nodos de la cadena de suministro.

Cada una de estas perspectivas, que se vinculan con la sexta dimensión del *Framework* de Zachman, se explica a continuación. Seguidamente, en la sección 7.4 se presentan los experimentos que validan cualitativamente las hipótesis, las presunciones y el modelado de los procesos colaborativos según la arquitectura, el diseño y la implementación de esta Tesis.

7.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE TIPO ÁRBOL (DÓNDE)

La cadena de suministro seleccionada se corresponde con una de tipo de árbol de tres niveles. El motivo de esta selección se basa en que resulta una cadena suministro jerárquica representativa para su extrapolación a entornos reales de cadena de suministro. Para esto, se considera el cliente final que interactúa con la cadena de suministro. Así, la cadena como tal, se compone de un nodo montador o NODO1, un nodo proveedor de primer nivel o NODO2 y dos nodos proveedores de segundo nivel que se denominan NODO5 y NODO6. De esta manera, el NODO5 y el NODO6 serán los proveedores del NODO2, mientras que el NODO2 será el proveedor del NODO1. Este NODO1 será el que interactuará con el cliente final de la cadena de suministro (ver Figura 1).

Así, esta configuración de tipo árbol considera el hecho de que cada nodo de la cadena fabricará una única referencia, para la cual requerirá una unidad de materia prima o componente por parte de sus proveedores para realizar el montaje. Para esto, se tiene en cuenta que el tiempo de suministro será de un periodo para todos los nodos y se considera el modelo de planificación de la producción presentado en el Capítulo 6, el cual asume una disponibilidad infinita de materias primas para los diferentes proveedores. Más adelante se proporcionará la cuantificación en detalle de estos elementos.

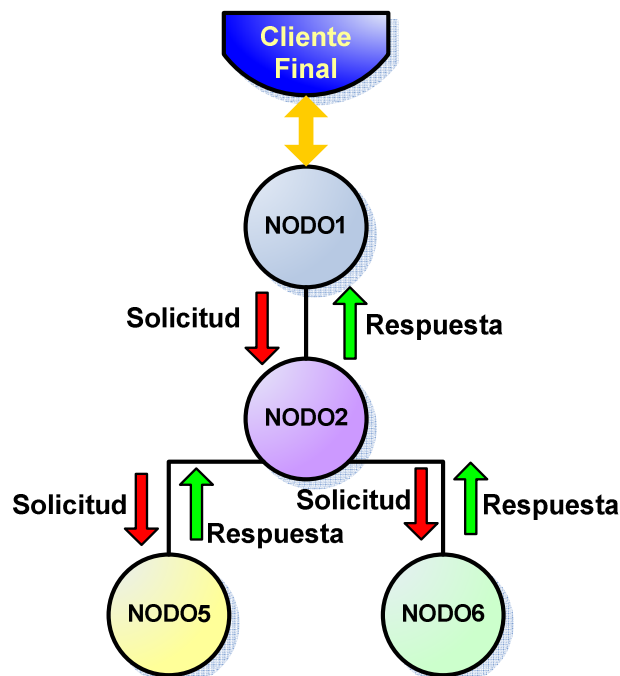


Figura 1. La cadena de suministro de tipo árbol.

Tal como se señala en la Figura 1, el flujo de información de la cadena será de tipo descendente y ascendente. Por lo tanto, las características de la cadena de suministro de tipo árbol implicarán una coordinación sincronizada y secuenciada entre los nodos de los diferentes niveles. Esta

sincronización y secuencia del flujo implicará procesos de negociación entre nodos de tipo cliente y proveedor. Así, según se logren acuerdos entre éstos, el flujo de información podrá seguir su camino hasta alcanzar el nivel más alto (cliente final). Los acuerdos se soportan por el mecanismo de negociación establecido en el Capítulo 6. El cómo éste se vincula, de forma específica, con la configuración de cadena de suministro seleccionada se presenta en más detalle en la secciones siguientes. También, el tipo de nodo, sus características, así como su posición en la cadena, influirán en el desarrollo de los mecanismos de negociación y, por tanto, en el flujo de la información. El objetivo de cada nodo será, por consiguiente, soportar sus propios procesos de toma de decisión, de manera independiente, en virtud del desarrollo de su proceso de la planificación de la producción.

7.2.2 NODOS Y RECURSOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE TIPO ÁRBOL (QUIÉN)

Tal como se explicó en la fase de diseño del Capítulo 6, los nodos de la cadena de suministro, según su ubicación y responsabilidad en la misma, considerarán un tipo de comportamientos característicos. Éstos podrán ser de tres tipos. El de tipo *Cliente*, que se caracteriza por realizar solicitudes y esperar respuestas, el de tipo *Proveedor*, que recibe solicitudes y genera respuestas y, finalmente, el de tipo *Cliente-Proveedor*, que considera un comportamiento de tipo dual tanto como *Cliente* como *Proveedor*. Es decir, el nodo tipo *Cliente-Proveedor*, por un lado recibirá pedidos y generará respuestas a su cliente y, por otro lado, generará pedidos y recibirá respuestas de su proveedor. Esto estará en función de la definición de la programación de las operaciones para los diferentes nodos según visto en el Capítulo 6.

Por lo tanto, cada nodo de la cadena de suministro (ver Figura 2) se vinculará con un decisor, el cual establecerá los objetivos a tener en cuenta por el modelo de planificación de la producción (PP). Estos objetivos se relacionan con el mecanismo PP que cada nodo realiza de forma independiente, en este caso un proceso MRP. Así, cada nodo de la cadena de suministro, desde la perspectiva descentralizada de la arquitectura presentada en el Capítulo 5, considerará un proceso de toma de decisión independiente. Desde el punto de vista del desarrollo de la herramienta y la ejecución de los experimentos, esto hecho repercutirá de manera directa en los estados de los agentes, de modo que cada uno de ellos, frente a una solicitud de sus clientes y respuestas de sus proveedores, podrá negociar y proponer soluciones alternativas con tal de mejorar aspectos como los niveles de servicio y los beneficios de los nodos y de la cadena. De esta manera, el flujo de información tendrá en cuenta la utilización de repositorios de información independientes que soportaran la comunicación entre los agentes y, por tanto colaboración descentralizada entre los nodos de la cadena.

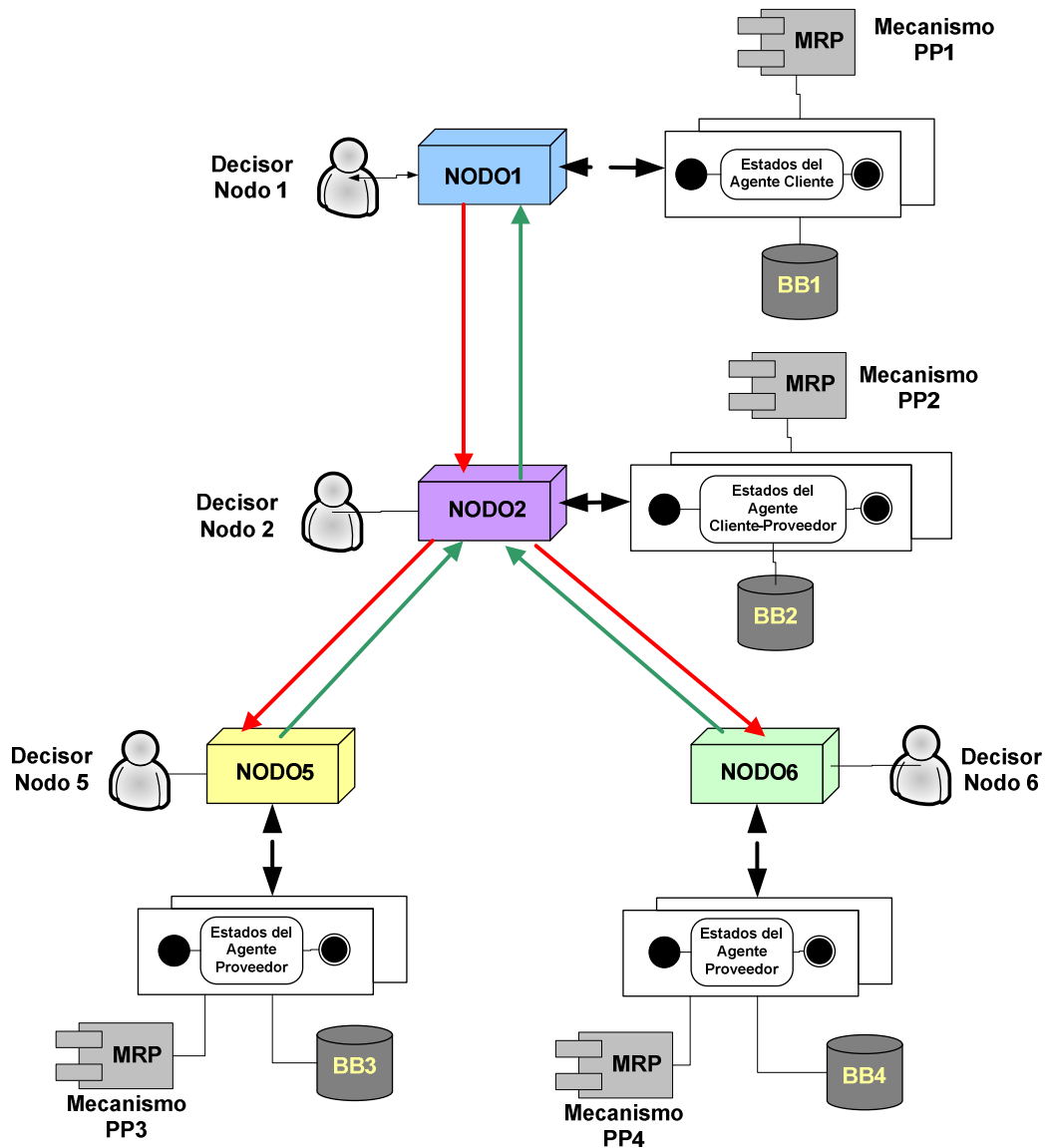


Figura 2. Nodos y recursos de la cadena de suministro de tipo árbol.

Cada nodo de la cadena, por tanto, empleará sus propios mecanismos de PP para apoyar el flujo de información, ya sea aguas arriba como abajo. El mecanismo considerará una serie de estados para procesar las entradas y generar las salidas. Estos estados, como ya descrito en el Capítulo 6 se relacionan con:

1. Operaciones del Cliente.
 - Solicitud.
 - Esperar respuesta.
 - Recibir respuesta.
 - Evaluar respuesta.
 - Evaluar si generar nueva propuesta
2. Operación Cliente-Proveedor.

- Esperar pedido.
- Recibir pedido.
- Generar pedido.
- Gestión de respuestas.
- Rechazo de propuesta.
- Aceptación de propuestas.
- Generación de respuestas.

3. Operación Proveedor.

- Esperar pedido.
- Recibir pedido.
- Preparar respuesta.
- Enviar respuesta.
- Recibir propuesta.

Adicionalmente, desde la perspectiva descentralizada del flujo de información y el proceso de toma de decisión, los mecanismos de PP consideran sus propios repositorios de información. Éstos se disponen de modo tal que la aplicación sea capaz de adaptarse a cualquier tipo de plataforma y motor de base de datos mediante la gestión de accesos a repositorios que el entorno JAVA de la aplicación considere. En este caso específico, los registros de los nodos utilizan el motor de tipo *OpenSource* MySQL, mientras que el mecanismo PP, que se describe en la perspectiva del cómo, utiliza el motor MsAccess® para los cuales se utilizan los controladores *com.mysql.jdbc.Driver* y *sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver*.

Esto se presenta como una solución realista a las problemáticas de la gestión de las cadenas de suministro en las que sus integrantes no son del mismo tipo (grandes, pequeñas y medianas empresas, clientes o proveedores), puesto que es en estos casos cuando los sistemas de apoyo a la toma de decisión deben coordinarse para soportar los flujos de información proveniente de diferentes sistemas y con estándares distintos. De esta forma, con esta perspectiva descentralizada de colaboración, los sistemas de información de las diferentes empresas estarán más abiertos a soportar la comunicación entre los nodos, debido a que sus sistemas permanecerán intactos. Así, teniendo en cuenta el diseño de la aplicación basado en sistemas multiagente, cada agente incorporará en sus comportamientos las características de comunicación del nodo que le corresponda, creando así una capa de comunicación integrada entre todos los nodos bajo el ya mencionado estándar FIPA-ACL, que soportan las librerías de agentes JADE. Por lo tanto, el proceso de la planificación de la producción soportará la toma de decisión independiente para cada nodo y considerará su propio mecanismo, objetivos y restricciones.

7.2.3 DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA Y LOS OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA (MOTIVACIÓN)

En la actualidad, los mecanismos de coordinación que se utilizan en los procesos de fabricación, por lo general en entornos de cadena de suministro, suelen influir (de manera directa o indirecta según la topología de cadena) tanto en los comportamientos de los nodos como en los sistemas tecnológicos de las empresas que pertenecen a la cadena. Así, tal como señalado en el Capítulo 2 y Capítulo 3, las soluciones colaborativas actuales contemplan que la mayoría de los nodos de la cadena incorporen sistemas y mecanismos similares con tal de favorecer el intercambio de información, por lo tanto se requiere considerar arquitecturas que soporten esta condición. No obstante, estas soluciones si bien se presentan como una perspectiva óptima, resultan ser poco realistas cuando la integración es entre empresas de diferentes tamaños o cuando los estándares y sistemas de información son diferentes, con lo que resultaría muy costoso implementar un sistema integrado. Por lo que las implementaciones desde un punto de vista descentralizado se presentan como una solución que considera las problemáticas y los requerimientos de cada nodo y, por tanto, soporta la generación de un proceso de toma de decisión independiente para cada nodo en entornos complejos, como lo son los de fabricación.

Así, la aplicación de la herramienta basada en sistemas multiagente para el soporte de la planificación de la producción colaborativa considera una cadena de suministro no muy compleja pero realista que, por un lado, permita investigar a través de los sistemas multiagente las ventajas e inconvenientes de los escenarios de planificación de la producción colaborativa en entornos descentralizados de cadena de suministro y, por otro lado, mediante la consideración de escenarios colaborativos y no-colaborativos, la herramienta y el mecanismo de planificación de la producción colaborativa se pondrá a prueba según diferentes patrones de demanda que pondrá al sistema al límite de sus capacidades. En función de los resultados, la motivación es, además, para investigaciones futuras, poder testar la propuesta en diferentes tipologías de cadena de suministro así como en cadenas de suministro reales.

En este sentido, teniendo en cuenta la aplicación de la arquitectura así como la implementación de la herramienta basada en agentes, se podrá demostrar que la utilización de una orientación colaborativa para el proceso de la planificación de la producción, podrá mejorar los beneficios y el nivel de servicio respecto a cuándo se consideran orientaciones de tipo no-colaborativas.

7.2.4 DEFINICIÓN DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS PARA EL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA (QUÉ)

Tal como se especificó en el diseño de la herramienta, el mecanismo de la planificación de la producción colaborativa considera repositorios de información independientes. No obstante, las estructuras de estos repositorios para el desarrollo de los experimentos computacionales de este capítulo son similares para todos los nodos de la cadena. Esto representa la capa homogénea bajo la cual los diferentes nodos de la cadena de suministro se comunicarán. Por lo tanto, ésta será considerada como una estructura genérica para el proceso de la planificación de la producción colaborativa que se podrá aplicar a cualquier nodo que pertenezca a la cadena. Teniendo en cuenta las especificaciones de la fase de diseño del Capítulo 6 y sus configuraciones, se presentan a continuación las especificaciones para los datos, las relaciones genéricas de precios, y cómo se consideran por separado para la topología de tipo árbol.

De forma general, la información contenida en los repositorios de información se almacena en tablas relacionales. Esto quiere decir que las tablas, en base a algún identificador, se vinculan con tal de establecer las relaciones que existen entre las diferentes informaciones del entorno. Estos identificadores se denotan, comúnmente, por la sigla ID. Por lo tanto, se utilizará este concepto en todas las tablas pertenecientes a los repositorios con el objetivo de clasificar la información y realizar las consultas a las tablas de manera eficiente.

7.2.4.1 DEMANDA

De forma general, la Tabla 1 presenta la estructura de los datos para gestionar las demandas de los nodos. Mientras que la Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 presentan la configuración específica para cada nodo de la cadena, que en este caso de la topología de tipo árbol son el NODO1, NODO2, NODO5 y NODO6, respectivamente.

Tabla 1. Tabla Demanda.

Ic	IBDc	IdItem	Release	Periodo	D
ID nodoX en cadena	ID nodoX en mecanismo PP	Nombre del producto del nodo X en la cadena	ID del patrón de demanda	Periodo inicial	D1
...
ID nodoX en cadena	ID nodoX en mecanismo PP	Nombre del producto del nodo X en la cadena	ID del patrón de demanda	Periodo final	D30

Tal como señala la Tabla 1, la demanda se considerará por periodo y será específica para cada ítem que se quiera fabricar. Además, la demanda será particular para cada nodo, es decir, que cada tabla de demanda se vinculará con el cliente y no con la información de los proveedores. Lo diferentes patrones de demanda, por lo tanto, se identificarán en el campo *Release*.

Seguidamente, el campo *Ic* establece el identificador del nodo en la cadena completa, mientras que el campo *IBDc* establece un identificador propio que el mecanismo PP utilizará. Éste campo se vincula con el campo *IdItem*, el cual se utiliza para almacenar el nombre del producto que se vincula con el nodo en la cadena de suministro. Finalmente, los campos *D* y *Periodo*, consideran el valor de la demanda para un periodo dado, respectivamente.

De forma genérica, para la configuración de tipo árbol se consideran 4 tablas de demanda, una específica para cada nodo tal como se señala en la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4. Específicamente, la Tabla 2 del nodo se considera como la que contiene la demanda inicial que empezará el proceso colaborativo para la planificación de la producción.

Tabla 2. Tabla Demanda NODO1.

Ic	IBDc	IdItem	Release	Periodo	D
1	1	Nombre del producto del NODO1	NX-VY	1	D1
...
1	1	Nombre del producto del NODO1	NX-VY	30	D30

La Tabla 3 considera como datos de entrada en la columna D, los pedidos generados por el mecanismo PP del NODO 1.

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

Tabla 3. Tabla Demanda NODO2.

lc	IBDc	IdItem	Release	Periodo	D
2	1	Nombre del producto del NODO2	NX-VY	1	D1
...
2	1	Nombre del producto del NODO2	NX-VY	30	D30

Las demandas de los nodos NODO5 y NODO6 dadas en la Tabla 4 y Tabla 5, respectivamente, serán equivalentes, ya que tendrán como único nodo padre al NODO2

Tabla 4. Tabla Demanda NODO5.

lc	IBDc	IdItem	Release	Perdiodo	D
5	1	Nombre del producto del NODO2	NX-VY	1	D1
...
5	1	Nombre del producto del NODO2	NX-VY	30	D30

Tabla 5. Tabla Demanda NODO6.

lc	IBDc	IdItem	Release	Perdiodo	D
6	1	Nombre del producto del NODO2	NX-VY	1	D1
...
6	1	Nombre del producto del NODO2	NX-VY	30	D30

7.2.4.2 LISTA DE MATERIALES (BOM)

La lista de materiales, o *Bill of Materials* (BOM), representa la estructura de un producto en función de los materiales requeridos y de donde provienen. Así, la Tabla 6 representa esta lista de materiales de forma general para la configuración de cadena de suministro. Desde el

punto de vista de cada nodo, Jc representa la información del cliente, que también se conoce como producto padre, mientras que Ic representa la información de los proveedores que se utilizará para soportar el proceso de negociación entre los nodos. Finalmente, N es un valor que cuantifica la relación y dependencia entre los clientes y proveedores. Por lo tanto, indica las cantidades que un cliente requerirá de su proveedor para completar un solo producto.

Por otra parte, existen los campos $JBDc$ e $IBDc$. Éstos cumplen la misma función que Jc e Ic . La única diferencia con los primeros, es que $JBDc$ e $IBDc$ se utilizan exclusivamente por el mecanismo PP de cada nodo para el proceso de la planificación de la producción colaborativa.

Tabla 6. Tabla BOM.

Jc	Ic	JBDc	IBDc	IdPadre	IdHijo	N
ID del nodo cliente en la cadena	ID del nodo proveedor en la cadena	ID del nodo cliente en el mecanismo	ID del nodo proveedor en el mecanismo	Nombre del nodo cliente	Nombre del nodo proveedor	Unidades de producto que el cliente requiere del proveedor

Tabla 7. Tabla BOM en NODO1.

Jc	Ic	JBDc	IBDc	IdPadre	IdHijo	N
1	2	1	2	NODO1	NODO2	1

Tabla 8. Tabla BOM en NODO2

Jc	Ic	JBDc	IBDc	IdPadre	IdHijo	N
2	5	1	2	NODO2	NODO5	1
2	6	1	3	NODO2	NODO6	1

Tabla 9. Tabla BOM en NODO5.

Jc	Ic	JBDc	IBDc	IdPadre	IdHijo	N
5	11	1	2	NODO5	NODOX	1

Tabla 10. Tabla BOM en NODO6.

Jc	Ic	JBDc	IBDc	IdPadre	IdHijo	N
6	12	1	2	NODO6	NODOY	1

7.2.4.3 MASTERP

La Tabla 11 se corresponde con el maestro de productos y establece los parámetros generales de cada producto. Es específica de un proceso MRP

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

donde cada pieza requiere informaciones concretas para sus atributos, tales como costes, tiempos de suministro, precios, etc.

Al igual que en los casos anteriores, desde el punto de vista del nodo cliente, la tabla de tipo MasterP contará con la información de la propia empresa así como la de los proveedores.

El objetivo de plantear la estructura y el contenido de esta manera se sustenta en el hecho de que cada nodo cliente, para interactuar con sus proveedores, deberá definir los precios de compra que le permitan valorar si le conviene o no generar, aceptar o rechazar nuevos pedidos o respuestas. Así, la relación entre los clientes y proveedores vendrá dada por los campos CosteUnitario y PrecioVenta.

El CosteUnitario será la cantidad, en unidades monetarias, que al cliente le cuenta comprar una pieza, mientras que el campo PrecioVenta, se referirá a lo que gana por esa pieza. Por lo que en una relación coherente, cliente-proveedor, el CosteUnitario se corresponderá con el PrecioVenta.

Tabla 11. Tabla MasterP

Ic	IBDc	IdItem	TS	Lotificacion	PrecioVenta	PrecioVentaInicial	Factor	CosteUnitario	CosteUnitarioInicial	CostePosesion	CosteRetraso	CosteRetraso_j	InventarioOriginal	InventarioActual	RetrasoActual
Datos del nodo cliente o padre															
Datos de los nodos proveedores															

Seguidamente las Tablas 12, 13, 14 y 15 presentan las características para los nodos NODO1, NODO2, NODO5 y NODO6, respectivamente.

Tabla 12. Tabla MasterP NODO1.

Ic	IBDc	IdItem	TS	Lotificacion	PrecioVenta	PrecioVentaInicial	Factor	CosteUnitario	CosteUnitarioInicial	CostePosesion	CosteRetraso	CosteRetraso_j	InventarioOriginal	InventarioActual	RetrasoActual
1	1	NODO 1	1	1	PV1	PV1i	F	CU1	CU1	CP1	CR1	CR1	InvO1	InvA1	RDA1
2	2	NODO 2	1	1	PV2	PV2i	F	CU2	CU2	CP2	CR2	CR2	InvO2	InvA2	RD2

Tabla 13. Tabla MasterP NODO2.

Ic	IBDc	IdItem	TS	Lotificacion	PrecioVenta	PrecioVentaInicial	Factor	CosteUnitario	CosteUnitarioInicial	CostePosesion	CosteRetraso	CosteRetraso_j	InventarioOriginal	InventarioActual	RetrasoActual
2	1	NODO 2	1	1	PV2	PV2i	F	CU2	CU2	CP2	CR2	CR2	InvO2	InvA2	RDA2
5	2	NODO 5	1	1	PV5	PV5i	F	CU5	CU5	CP5	CR5	CR5	InvO5	InvA5	RD5
6	3	NODO 6	1	1	PV6	PV6i	F	CU6	CU6	CP6	CR6	CR6	InvO6	InvA6	RD6

Tabla 14. Tabla MasterP NODO5.

Ic	IBDc	IdItem	TS	Lotificacion	PrecioVenta	PrecioVentaInicial	Factor	CosteUnitario	CosteUnitarioInicial	CostePosesion	CosteRetraso	CosteRetraso_j	InventarioOriginal	InventarioActual	RetrasoActual
5	1	NODO 5	1	1	PV5	PV5i	F	CU5	CU5	CP5	CR5	CR5	InvO5	InvA5	RDA5
11	2	NODO X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 15. Tabla MasterP NODO6.

Ic	IBDc	IdItem	TS	Lotificacion	PrecioVenta	PrecioVentaInicial	Factor	CosteUnitario	CosteUnitarioInicial	CostePosesion	CosteRetraso	CosteRetraso_j	InventarioOriginal	InventarioActual	RetrasoActual
6	1	NODO 6	1	1	PV6	PV6i	F	CU6	CU6	CP6	CR6	CR6	InvO6	InvA6	RDA6
12	2	NODO Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La Figura 3 señala la relación mencionada con anterioridad. Es decir, cada vez que exista alguna modificación en los costes unitarios de los clientes, se modificará el precio de ventas de los proveedores correspondientes.

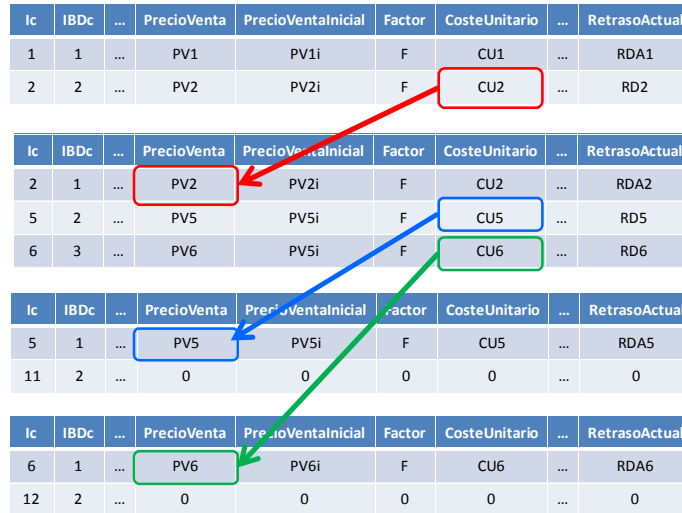


Figura 3. Relación tablas MasterP en los diferentes niveles.

7.2.4.4 RUTAS

La tabla Rutas (Tabla 16 y Tabla 17) contiene la información referida a los recursos y sus capacidades. En este caso, de cadena de suministro, los mecanismos de PP contemplan tanto la información del nodo cliente como la de los nodos proveedores. Específicamente, el campo relacionado con la capacidad disponible se representa en horas y dado que la información del proveedor se desconoce, se asume una capacidad muy elevada para éste. El objetivo de esto es comenzar de forma que todo proveedor responderá afirmativamente a los requerimientos del cliente y, por tanto, en caso de que no sea afirmativo, modificará dicha capacidad con la respuesta recibida.

Tabla 16. Tabla Rutas

Ir	Ic	IBDc	Periodos	IdItem	Recurso	TiempoProdReq	CTO	CHE	Capacidad
Id del recurso que utiliza la capacidad disponible			1..30	Nombre del nodo	Nombre del recurso	Tiempo requerido para fabricar una unidad	Coste de tiempo ocioso	Coste del tiempo extra	Capacidad del recurso

Tabla 17. Aplicación tabla rutas al entorno de cadena de suministro.

Ir	Ic	IBDc	Periodos	IdItem	Recurso	TiempoProdReq	CTO	CHE	Capacidad
Datos del nodo cliente									
Datos de los proveedores									

Seguidamente, las Tablas 18, 19, 20 y 21, presentan las características para los nodos NODO1, NODO2, NODO5 y NODO6, respectivamente.

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

Tabla 18. Tabla Rutas NODO1.

lr	lc	IBDc	Periodos	IdItem	Recurso	TiempoProdReq	CTO	CHE	Capacidad
1	1	1	1..30	NODO1	RECURSO1	1	CTO1	CHE1	CAP1
2	2	2	1..30	NODO1	RECURSO2	1	CTO2	CHE2	99999999

Tabla 19. Tabla Rutas NODO2.

lr	lc	IBDc	Periodos	IdItem	Recurso	TiempoProdReq	CTO	CHE	Capacidad
1	2	1	1..30	NODO2	RECURSO1	1	CTO2	CHE2	CAP2
2	5	2	1..30	NODO5	RECURSO2	1	CTO5	CHE5	99999999
3	6	3	1..30	NODO6	RECURSO3	1	CTO5	CHE5	99999999

Tabla 20. Tabla Rutas NODO5.

lr	lc	IBDc	Periodos	IdItem	Recurso	TiempoProdReq	CTO	CHE	Capacidad
1	5	1	1..30	NODO5	RECURSO1	1	CTO5	CHE5	CAP5
2	11	2	1..30	NODOX	RECURSO2	1	CTOX	CHEX	99999999

Tabla 21. Tabla Rutas NODO6.

lr	lc	IBDc	Periodos	IdItem	Recurso	TiempoProdReq	CTO	CHE	Capacidad
1	6	1	1..30	NODO5	RECURSO1	1	CTO6	CHE6	CAP5
2	12	2	1..30	NODOY	RECURSO2	1	CTOY	CHEY	99999999

7.2.4.5 MRP

La tabla MRP se utiliza para almacenar los datos de salida del modelo (ver Tabla 22). Específicamente, se cuantifican los valores de fabricación, el inventario en curso y el nivel de retraso de la demanda.

Tabla 22. Tabla MRP

Ic	IBDc	Periodos	Producción	Inventario	RetrasoDemanda
Información nodo cliente					
Información nodo proveedor					

Seguidamente, las Tablas 23, 24, 25 y 26 presentan las características para los nodos NODO1, NODO2, NODO5 y NODO6, respectivamente.

Tabla 23. Tabla MRP NODO1.

Ic	IBDc	Periodos	Producción	Inventario	RetrasoDemanda
1	1	1...30	P1:[1...P30]	Inv1: [1...30]	RD1: [1...30]
2	2	1...30	P2:[1...P30]	Inv2: [1...30]	RD2: [1...30]

Tabla 24. Tabla MRP NODO2.

Ic	IBDc	Periodos	Producción	Inventario	RetrasoDemanda
2	1	1...30	P2:[1...P30]	Inv2: [1...30]	RD2: [1...30]
5	2	1...30	P5:[1...P30]	Inv5: [1...30]	RD5: [1...30]
6	3	1...30	P6:[1...P30]	Inv6: [1...30]	RD6: [1...30]

Tabla 25. Tabla MRP NODO5.

Ic	IBDc	Periodos	Producción	Inventario	RetrasoDemanda
5	1	1...30	P5:[1...P30]	Inv5: [1...30]	RD5: [1...30]
11	2	1...30	P11:[1...P30]	Inv11: [1...30]	RD11: [1...30]

Tabla 26. Tabla MRP NODO6.

Ic	IBDc	Periodos	Producción	Inventario	RetrasoDemanda
6	1	1...30	P6:[1...P30]	Inv6: [1...30]	RD6: [1...30]
12	2	1...30	P12:[1...P30]	Inv12: [1...30]	RD12: [1...30]

7.2.4.6 SALIDAS

De forma adicional, los repositorios de información requeridos por el mecanismo PP establecen una serie de tablas adicionales para recolectar, analizar e interpretar los resultados del plan de producción. A partir de la información del Capítulo 6, estas tablas son: LOG (Tabla 27), BENEFICIO (Tabla 28) y NIVEL DE SERVICIO (Tabla 29).

En el caso de la Tabla 28, el LOG presentará las secuencias de eventos según vayan ocurriendo, mientras que la Tabla 28 y Tabla 29 consideran un registro de los valores de salida para el beneficio y nivel de servicio. Estas dos últimas tablas almacenan el coste de retraso actual de cualquier nodo, así se podrá visualizar si el beneficio o nivel de servicio dado se ha debido a algún proceso de negociación o no.

De esta forma, estas tablas de salida agrupan los resultados obtenidos de forma descentralizada en el entorno de cadena de suministro para analizar los datos de salida de manera conjunta.

- **LOG**

Tabla 27. Tabla LOG.

ID	Día	Iteración	Tiempo	Factor	PrecioVenta	IcNodoEmisor	NombreNodoEmisor	IcNodoReceptor	NombreNodoReceptor	Concepto	P01..P30
Información del nodo solicitante										Solicitud	
Información del nodo que responde										Respuesta	

- **BENEFICIO**

Tabla 28. Tabla BENEFICIO.

Nodo	Día	Iteración	PrecioVenta	CosteRetraso	Beneficio

- **NIVEL DE SERVICIO**

Tabla 29. Tabla Nivel de servicio.

Nodo	Día	Iteración	PrecioVenta	CosteRetraso	Nivel Servicio

7.2.5 EL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE TIPO ÁRBOL (CÓMO)

El proceso de la planificación de la producción colaborativa se puede considerar como genérico para cualquier tipo de cadena de suministro (ver Figura 4). Uno de los requisitos es que la información esté disponible para los nodos y que la relación cliente-proveedor acepte la generación de propuestas para evaluar posibles acuerdos alternativos.

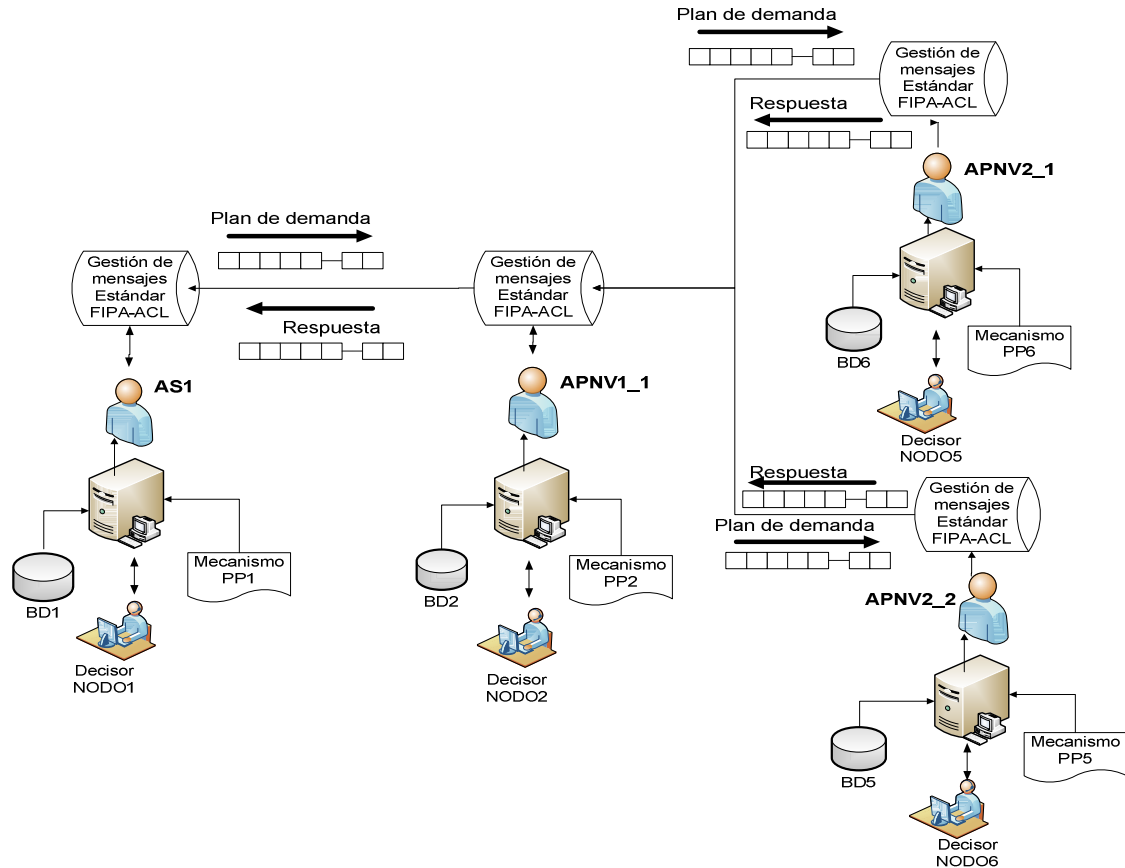


Figura 4. Instancias del mecanismo de la planificación de la producción colaborativa para la cadena de suministro de tipo árbol.

Por lo tanto, para el caso específico de la herramienta computacional, los nodos de la cadena deben ser instanciados en las clases que les correspondan para que el mecanismo PP incorporado en la herramienta pueda ejecutar la aplicación y levantar la capa de comunicación tal y como definido en el Capítulo 5 de la arquitectura. De esta manera, las instancias para este caso específico de la topología tipo árbol consideran lo siguiente:

- NODO1 → AS1
- NODO1 → APNV1_1
- NODO1 → APNV2_1
- NODO1 → APNV2_2

Seguidamente, el mecanismo consiste en utilizar los mensajes de tipo FIPA-ACL para interpretar la información de los nodos y llevarla a un plano de común entendimiento. En términos generales, estas instancias reciben el

nombre del agente, por lo cual será el agente AS1 el que de inicio al proceso al generar la solicitud a APNV1_1, quien a su vez genera los requerimientos a los agentes APNV2_1 y APNV2_2.

Tras la recepción de respuesta, si éstas presentan retrasos, el agente interpreta esto como que sus proveedores tienen problemas para procesar la totalidad del pedido. Por lo que evaluará si incrementa el precio de compra para los proveedores que han tenido problemas. El objetivo es conseguir que la demanda quede satisfecha en un 100%. De forma que cada agente cliente pujará hasta llegar a sus límites permitidos para conseguir que un agente de tipo proveedor entregue lo solicitado. Estos límites estarán definidos por un precio máximo para que el beneficio no implique pérdidas en caso de probar nuevos incrementos de precio. El precio inicial convenido será P_o y el precio máximo será P_{max} .

El incremento de precio se realiza en base al incremento de un factor que se relaciona con los precios de compra iniciales de cada nodo. Este se define como sigue:

I: Numero de incrementos entre P_o y P_{max}

i: incremento actual

$$F_i = 1 + \frac{(P_{max}-P_o)}{P_o} \times \frac{i}{I} \quad (1)$$

Por lo tanto, el precio en el periodo *i*, P_i , se define como

$$P_i = P_o + F_i \quad (2)$$

Finalmente, es importante tener en cuenta que el precio máximo se definirá como aquel que permita al modelo estar dentro de los límites de los márgenes de beneficio.

7.2.6 MECANISMO DE EJECUCIÓN (CUÁNDO)

El mecanismo de ejecución considera la evaluación de los beneficios para establecer nuevas negociaciones o iniciar nuevos procesos. Así, cada nodo considera un beneficio ideal (B_0) que es el inicial, éste es el beneficio que se obtiene al ejecutar por primera vez el mecanismo PP (ver Figura 5).

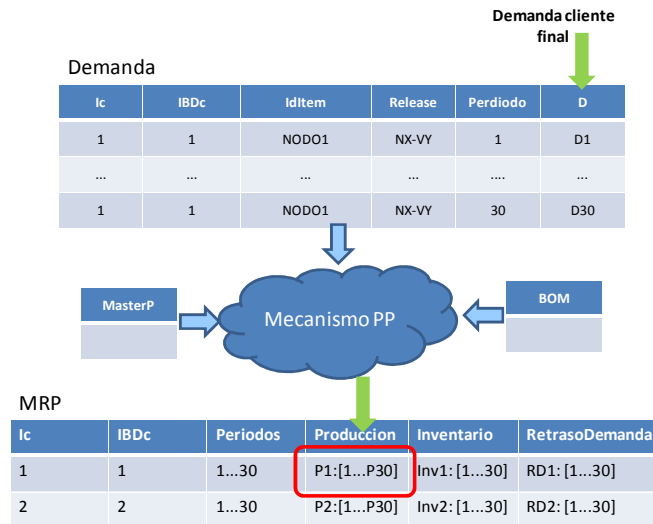


Figura 5. Relación de componentes para la ejecución del mecanismo de PP.

En este caso, al considerar las capacidades de los proveedores a 99999 en la tabla Rutas se obtiene este valor, que es el valor máximo que se alcanzará. No obstante, éste será un valor ideal, dado que no se han tenido en cuenta las respuestas de los proveedores, la cual se produce tras haber enviado el vector producción hacia el proveedor. En base a esa respuesta, se obtendrá un B_1 . Además, mediante el incremento del factor de precio, se continuarán enviando pedidos o demandas, para seguir obteniendo respuestas. Estas segundas respuestas generan nuevos beneficios que se deberán ir evaluando en el proceso de negociación. Por lo que cuando el agente encuentre un valor menor al obtenido (no teniendo en cuenta el B_0) el proceso se detiene y se rescata el beneficio anterior más alto.

Hecho esto, el proveedor de primer nivel, teniendo en cuenta la demanda que ha recibido del cliente, realiza sus cálculos para generar su vector producción que enviará a los proveedores de segundo nivel (ver Figura 6). Esto representa el hecho de que el cliente le hace un pedido al proveedor de primer nivel y, este último, para poder responderle debe preguntar a sus proveedores (los proveedores de segundo nivel).

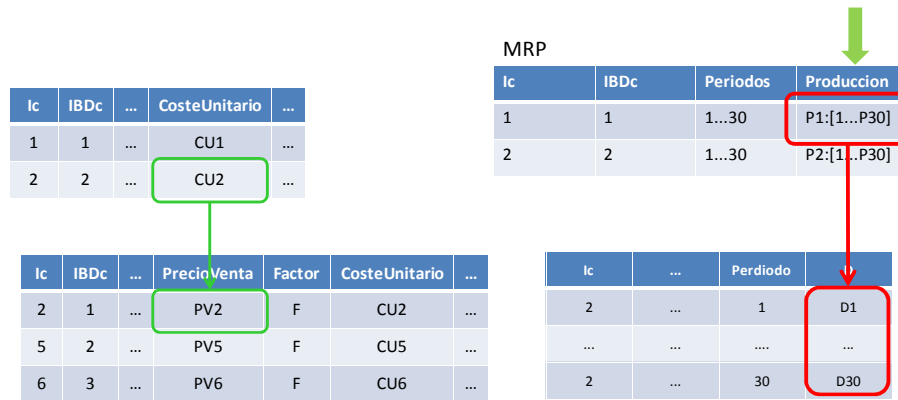


Figura 6. Relación de repositorios de información en diferentes niveles de la cadena.

De esta manera, según la definición del cálculo del vector respuesta del Capítulo 6, el nodo proveedor enviará este vector que modificara, según el tiempo de suministro, la información de la capacidad disponible de los proveedores (ver Figura 7). Con esto, el mecanismo PP correspondiente utilizará esta nueva información para valorar si le conviene o no seguir pidiendo en un proceso de negociación que continuará hasta llegar a los límites establecidos.

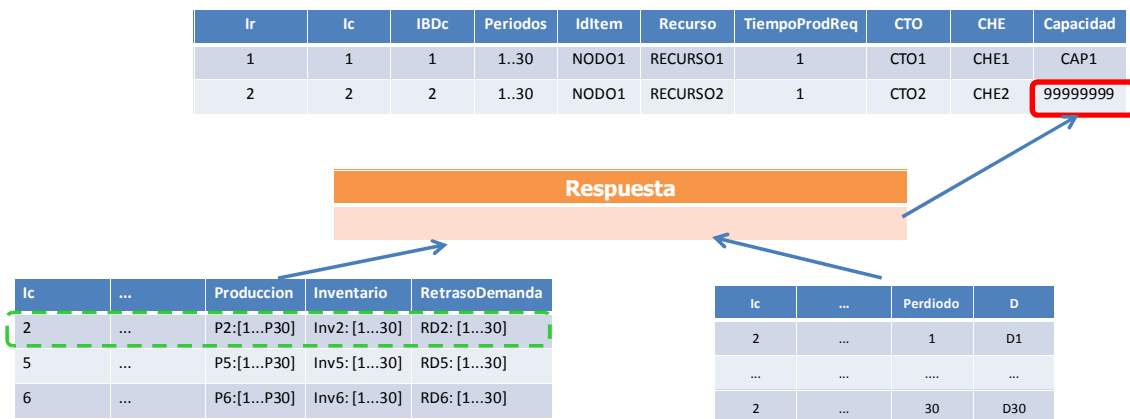


Figura 7. Generación de respuesta y recepción en el nodo cliente.

Seguidamente, al igual que en el caso del cliente, el proveedor de primer nivel obtiene un B_0 según las capacidades disponibles de 99999 en sus proveedores (de la tabla Rutas). Entonces, el proveedor de primer nivel, al igual que el cliente y de forma independiente, envía el vector producción como demanda hacia sus proveedores para obtener la respuesta de los proveedores. Si ellos (los proveedores de segundo nivel) tienen retraso, se deberá modificar la capacidad disponible en la tabla Rutas del proveedor de primer nivel y se deberá volver a ejecutar el mecanismo PP que generará otro beneficio, $B1$. Así, se irá aumentando el factor de precio hasta que el cálculo del beneficio, o el límite del P_{max} , establezca que hay que detener el proceso.

Hecho esto, los proveedores de segundo nivel, teniendo en cuenta la demanda que ha recibido del nodo superior (el proveedor de primer nivel), realiza sus cálculos para comprobar si tiene retrasos en la demanda. Si éstos existen, se modificará la capacidad disponible en la tabla Rutas del nodo superior según los campos Ic de los nodos proveedores (ya sea de primer o segundo nivel según sea al caso). Así, si el proveedor de segundo nivel (por ejemplo, el NODO5 con Ic igual a 5) presenta retrasos para la demanda recibida, se modificarán las capacidades disponibles para todos los periodos en los que el Ic es 5 en la tabla Rutas del nodo con Ic igual a 2. Así, para establecer el proceso de negociación (o *loops*) y llegar a una configuración de necesidades aceptable para la gran mayoría de los nodos (al menos parcialmente), habrá un proceso cíclico entre los proveedores de primer nivel y los de segundo nivel.

El cliente se espera a que todos los proveedores de primer nivel le respondan y vuelve a ejecutar el mecanismo PP de nuevo con las capacidades disponibles modificadas (en este caso de Ic igual a 2) para obtener su beneficio. Posteriormente, incrementa el factor de precio, recalcula el precio de venta y lo modifica en las tablas MasterP correspondientes. Seguidamente, envía el vector producción como demanda a los proveedores de primer nivel. El proveedor de primer nivel procede y entra en ciclo (ver Figura 8) con los proveedores de segundo nivel como ya se ha explicado anteriormente.

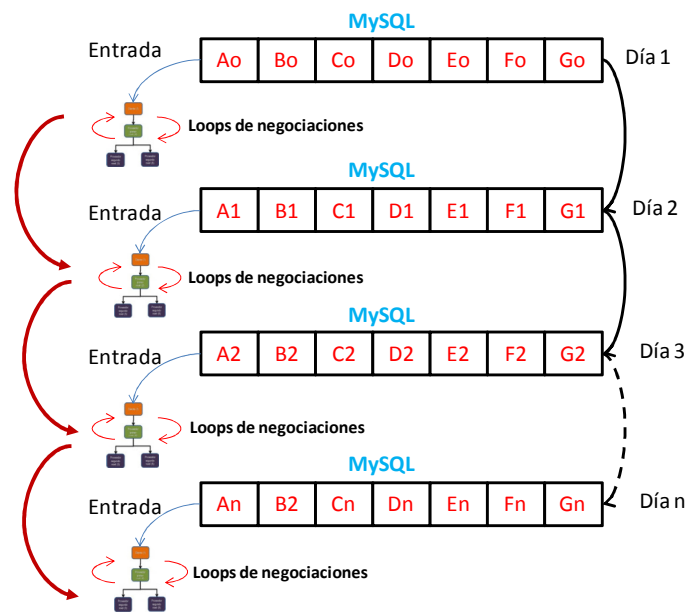


Figura 8. Iteraciones para la generación de experimentos.

Por ejemplo, la Figura 9, Figura 10, Figura 11 y Figura 12 muestran la utilización de la herramienta diseñada para apoyar la gestión de los flujos de información y, por tanto, apoyar el proceso de toma de decisión de los diferentes nodos de la cadena. En ellas es posible apreciar como el modelo incrementa los precios de compra al mismo tiempo que disminuye su

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

beneficio con tal de resolver los problemas de cumplimiento en la demanda de los proveedores. Esto hasta un límite.



Figura 9. Gestión de la información en el NODO1.



Figura 10. Gestión de la información en el NODO2.



Figura 11. Gestión de la información en el NODO5.



Figura 12. Gestión de la información en el NODO6.

7.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN

Se proponen los siguientes indicadores de evaluación:

- el *Nivel de Servicio de cada nodo de la cadena de suministro*,

El Nivel de Servicio, expresado en tanto por cien, se considera del 100% cuando no existe retraso de la demanda. Cuando existe retraso de la demanda, el Nivel de Servicio se podría determinar para cada período del horizonte de planificación como:

$$\text{Nivel de Servicio (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Retraso Demanda}}{\text{Demanda Acumulada}} \right) \times 100 \quad (3)$$

- los *Beneficios* de la planificación para cada nodo y para la cadena completa.

Como ya se explicó con mayor detalle en el Capítulo 6, el nivel total de los beneficios implica no sólo un proceso de negociación, sino también un soporte a las decisiones relacionadas con el proceso de planificación en cada período i del horizonte de planificación para cada nodo y la cadena de suministro en su conjunto.

7.4 EXPERIMENTOS COMPUTACIONALES

Esta tesis ha propuesto una arquitectura para el modelado de los procesos colaborativos en cadenas de suministro con una orientación colaborativa y descentralizada. Al mismo tiempo, a partir de ésta, se ha diseñado e implementado una herramienta computacional integrando los conocimientos de los sistemas multiagente con modelos de programación lineal. En base a estas dos perspectivas y desarrollos, se presenta una integración realista para entornos de cadena de suministro tipo árbol, que se ha seleccionado para presentar la aplicabilidad de la herramienta y las bondades de las perspectivas colaborativas frente a las no colaborativas.

En esta sección, se evalúa computacionalmente el modelo de agentes propuesto en el Capítulo 6, que considera la gestión del intercambio de información en múltiples niveles de la cadena de suministro, así como la coordinación entre sistemas de información independientes para cada nodo según la perspectiva descentralizada. Adicionalmente, para soportar cada mecanismo PP se ha tomado como base de trabajo el modelo MRP de **Mula (2004)**, el cual ha sido adaptado para este caso de cadena de suministro.

El objetivo de los experimentos es evaluar el funcionamiento de la propuesta colaborativa para la planificación de la producción comparando diferentes escenarios y mostrar cómo reacciona el sistema frente a diferentes situaciones en cuanto a nivel de requerimientos y variabilidad de los planes de demanda.

7.4.1 PRESUNCIONES

Dado que la verificación determina que un modelo funciona como se esperaba y la validación establece la utilidad del modelo con respecto a un propósito. Para verificar y validar la propuesta se han considerado patrones de demanda que permiten visualizar los comportamientos de los agentes y, por tanto, del mecanismo PP. Así, son tres los casos que se consideran, S1, S2 y S3, por lo tanto, el patrón de demanda y los escenarios se vinculan de la siguiente manera:

- **S1.** Se considera que no hay problemas con el plan de demanda y que existirán las capacidades disponibles. Posteriormente, se espera que su pedido será servido en el momento adecuado y en la cantidad adecuada. Éste es el Escenario 0.
- **S2.** Se asume la existencia de problemas de capacidad del nodo con respecto a los planes de la demanda. Además, no hay colaboración, se consideran, por lo tanto, los problemas en el cumplimiento de las órdenes. Este caso considera los escenarios 1, 2, 3, 4 y 5, que contemplan diferentes niveles de variabilidad en la demanda.
- **S3.** Se considera que existen problemas de capacidad de los nodos en relación con los planes de la demanda. Para esto se tiene en cuenta un enfoque colaborativo donde los nodos generan pedidos fijos y proponen soluciones en base a incrementos de precio. Este caso considera los escenarios 1, 2, 3, 4 y 5, que contemplan diferentes niveles de variabilidad en la demanda.

El horizonte de planificación considera 30 períodos para recoger y transmitir la información entre los nodos.

7.4.2 DATOS DE ENTRADA

Para los datos de entrada se tienen en cuenta dos aspectos. En primer lugar, la configuración de cada nodo y, en segundo lugar, los patrones de demanda, que el nodo final envía al NODO1 para que se inicie el proceso.

Respecto a la configuración de cada nodo, se consideran los costes unitarios (*CU*), los precios de venta (*PV*), el coste de inventario (*CosteDePosesion*), el coste por retrasar la demanda (*CR*), el coste de tiempo ocioso (*CTO*) y el coste de horas extras (*CHE*), cuyas relaciones son como se presentan en la Tabla 30.

Tabla 30. Elementos de entrada y sus relaciones.

Elemento de entrada	Relación	Descripción
PV =	3 x CU	Se considera un 200% de margen sobre el coste del producto.
CosteDePosesion =	0.03 x CU	Se aplica un 3% sobre el coste del producto (por período).
CR=	0.1 x PV	Se aplica un 10% sobre el precio de venta del producto (por período).
CTO=	1 x CU	Se penaliza el tiempo ocioso un 0% respecto al útil.
CHE=	1.9 x CU	La capacidad extra es un 90% más cara.

Por lo tanto, para la configuración propuesta de cadena de suministro de tipo árbol para los cuatro nodos en los tres niveles, los datos de entrada se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31. Configuración de los datos de entrada.

Cur	NODO1	PV	CU	CostePosesion	CR	CTO	CHE
22	1	66	1	0.03	68	1	1.9
	2	63	21	0.63	65	21	39.9

Cur	NODO2	PV	CU	CostePosesion	CR	CTO	CHE
7	2	21	1	0.03	2.1	1	1.9
	5	9	3	0.09	0.9	3	5.7
	6	9	3	0.09	0.9	3	5.7

Cur	NODO5	PV	CU	CostePosesion	CR	CTO	CHE
1	5	3	1	0.03	0.3	1	1.9
	11	0	0	0	0	0	0

Cur	NODO6	PV	CU	CostePosesion	CR	CTO	CHE
1	6	3	1	0.03	0.3	1	1.9
	12	0	0	0	0	0	0

Se destaca el hecho de que el NODO1 considera un *CR* muy elevado. Esto se justifica debido a que este nodo tiene una relación directa con el cliente final, por lo tanto, si este nodo retrasa la demanda será altamente penalizado. Por esto, el NODO1 siempre optará por utilizar horas extras siempre que sus proveedores no tengan problemas en procesar sus pedidos. Así mismo, se considera que el *CU* de todo nodo cliente es de 1 unidad, y el coste unitario real (*Cur*) se define como el coste de una unidad más el coste total producto de los precios de compra.

Es importante destacar que esta configuración de datos se ha definido para que se pudiesen generar procesos de negociación y, por tanto, probar y validar el mecanismo, el modelo y la herramienta desarrollada. Por lo tanto, también se podrían considerar otras configuraciones.

7.4.3 DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

Los escenarios serán la combinación de las diferentes posibilidades existentes entre los porcentajes de saturación y los niveles de variabilidad de la demanda. Cada escenario contempla el análisis de las diferencias para la perspectiva colaborativa y no colaborativa. Para ello, se ejecutan 100 réplicas para cada caso. Es decir, se consideran un total de 1500 experimentos soportados por el mecanismo de la planificación de la producción colaborativa basado en agentes.

Así, respecto a los patrones de demanda, se tienen en cuenta los niveles de demanda que impliquen porcentajes de saturación respecto a la capacidad disponible por periodo de 90%, 100% y 110%. Con lo cual se irá estresando más y más el sistema para comprobar cómo reacciona el entorno colaborativo versus el no colaborativo. Adicionalmente, cada patrón de demanda considerará diferentes rangos de variabilidad. En este caso, serán de 0%, 25%, 75%, 100% y 200%, implicando los escenarios: E_{01} , E_{02} , E_{03} , E_{11} , E_{12} , E_{13} , E_{21} , E_{22} , E_{23} , E_{31} , E_{32} , E_{33} , E_{41} , E_{42} y E_{43} (ver Tabla 32). Para cada uno de estos escenarios, se medirán los beneficios totales y los niveles de servicio para cada nodo y para la cadena completa.

Tabla 32. Definición de escenarios.

	Variabilidad en la demanda				
	0%	25%	75%	100%	200%
Nivel 90	E_{01}	E_{11}	E_{21}	E_{31}	E_{41}
Nivel 100	E_{02}	E_{12}	E_{22}	E_{32}	E_{42}
Nivel 110	E_{03}	E_{13}	E_{23}	E_{33}	E_{43}

Además, cada uno de los 15 escenarios contempla el caso no-colaborativo y el colaborativo con el objetivo de desarrollar el análisis comparativo de ambas perspectivas. Así, considerando el desarrollo de los experimentos, se probará la fiabilidad del sistema para entornos en los que los patrones de demanda presentan poca variabilidad y para aquellos en los que la demanda presente variabilidades elevadas.

Los diferentes patrones de demanda que se vinculan con cada escenario se pueden encontrar en el ANEXO III del CD de anexos de estas tesis.

7.4.4 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la evaluación de los resultados se consideran dos perspectivas. La primera de verificación, en donde teniendo en cuenta el Escenario E_{02} , se

comprueba que el modelo funcione con normalidad y que los resultados sean los esperados. Posteriormente, el sistema se somete a las pruebas para cada uno de los escenarios definidos. Finalmente, se hace una comparación de los resultados para cada nodo de la cadena así como de la cadena de suministro completa para las perspectivas colaborativa y no-colaborativa.

Respecto a los beneficios, se destaca el hecho de que serán valores relativos a los nodos, por tanto, en una primera instancia se obtendrán los valores en bruto y, posteriormente, se homogeneizarán para hacerlos comparables entre ellos.

Cabe destacar que todos los datos y resultados se encuentran en detalle en el ANEXO III del CD de ANEXO de la presente tesis.

7.4.4.1 CASOS INICIALES DE VERIFICACIÓN

Para la verificación del modelo se realiza un experimento simple de modo que la demanda cuadre perfectamente con la capacidad de cada nodo (NODO1, NODO2, NODO5 y NODO6). En función de esto, se realiza la comprobación correspondiente en la tabla LOG (definida en el Capítulo 6) para ver que los flujos de información, solicitudes y respuesta, hayan sido coherentes. En este caso en particular, no se esperan negociaciones y, además, cada proveedor responde exactamente a lo que se le pidió. Esta primera verificación se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33. Secuencia de resultados de las negociaciones para el caso ideal E_{02} .

ID	Día	Iteración	PrecioVenta/Compra	NombreNodoEmisor	NombreNodoReceptor	Concepto	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30		
1	1	1	66	Principal	AS1	solicitud	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
2	1	1	21	AS1	APNV1_1	solicitud	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
3	1	1.1	3	APNV1_1	APNV2_2	solicitud	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	
4	1	1.1	3	APNV1_1	APNV2_1	solicitud	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	
5	1	1.1	3	APNV2_1	APNV1_1	respuesta	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	
6	1	1.1	3	APNV2_2	APNV1_1	respuesta	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	
7	1	1	21	APNV1_1	AS1	respuesta	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
8	1	1	1	AS1	Principal	respuesta	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	1	1	1	AS1	Principal	respuesta	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena
de suministro de tipo árbol

De esta manera, la Tabla 32 señala que todos los nodos interactúan correctamente y que los flujos de información se generan con normalidad en cuanto a la secuencia de acciones (peticiones y respuestas). Además, la verificación del modelo se realiza desde el punto de vista de los beneficios y el nivel de servicio. Las Tablas 34 y 35 presentan estos resultados.

Tabla 34. Beneficios brutos. Escenario E₀₂ de verificación.

	NCOL	COL	DIF
1	118800	118800	0.00%
2	37800	37800	0.00%
5	5400	5400	0.00%
6	5400	5400	0.00%
CS	167400	167400	0.00%

Para el escenario E₀₂ se observa que no existen diferencias entre las perspectivas no-colaborativa (NCOL) y colaborativa (COL). Esto es una primera afirmación que verifica el comportamiento del modelo propuesto.

Tabla 35. Beneficios relativos al coste de producción. Escenario E₀₂ de verificación.

	NCOL	COL	DIF
1	5400	5400	0.00%
2	5400	5400	0.00%
5	5400	5400	0.00%
6	5400	5400	0.00%

Los beneficios relativos son una estandarización de los beneficios brutos, por lo que su comportamiento es el mismo y, de momento, no aportan mucho a los resultados.

El siguiente elemento a tener en cuenta es el nivel de servicio (NS). La Tabla 36 señala que en todos los casos, para los tres nodos el nivel de servicio es de un 100%. Por lo tanto, el caso colaborativo para un nivel de demanda de 100 unidades por periodo y una variabilidad de 0% verifica el comportamiento inicial del modelo.

Tabla 36. Nivel de servicio. Escenario E02 de verificación.

	NCOL	COL	DIF
1	100%	100%	0.00%
2	100%	100%	0.00%
5	100%	100%	0.00%
6	100%	100%	0.00%
CS	100%	100%	0.00%

Será según esta verificación que se validará el sistema frente a diferentes variabilidades de la demanda de los escenarios propuestos en la Tabla 32.

7.4.4.2 SATURACIÓN DE LA DEMANDA VERSUS SU VARIABILIDAD

En esta sección se realiza un análisis respecto a los resultados obtenidos para las 100 réplicas desarrolladas en cada escenario para cada orientación (no-colaborativa y colaborativa). De esta forma, para los diferentes niveles y variabilidades se estudia la evolución de los beneficios para cada nodo y la cadena completa, así como los niveles de servicio.

Para facilitar la recolección e interpretación de resultados se establece un nomenclatura como se señala en la Tabla 37.

Tabla 37. Nomenclatura de experimentos.

Terminología	Nomenclatura
Acumulado	ACUM
Cadena de suministro	CS
Colaborativo	COL
Diferencia	DIF
Nivel	N
Nivel de servicio	NS
No-colaborativo	NCOL
NODO1	N1
NODO2	N2
NODO5	N5
NODO6	N6
Promedio	PROM
Variabilidad	V

La estructura de las siguientes sub-secciones considera, en primer lugar, el análisis de la evolución de los beneficios y, en segundo lugar, la evolución de los niveles de servicio. Cada experimento y análisis se desarrolla para cada nodo de la cadena de suministro en donde, para todas las réplicas que se realizan, se considera la diferencia porcentual entre las orientaciones colaborativas y no-colaborativas (DIF-NCOL-COL) así como el promedio acumulado de las diferencias porcentuales entre las mismas (DIF-NCOL-COL-ACUM-PROM).

7.4.4.2.1 ESCENARIO E₁₁ PARA NIVEL 90 Y VARIABILIDAD 25% (N90-V025)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 13, 14, 15 y 16 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Estas figuras señalan que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación realizadas. Por lo tanto, es posible decir que los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan.

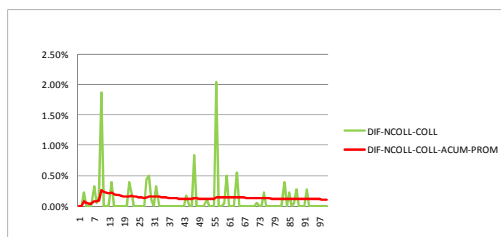


Figura 13. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E₁₁.

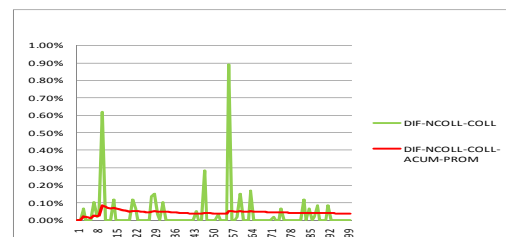


Figura 14. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E₁₁.

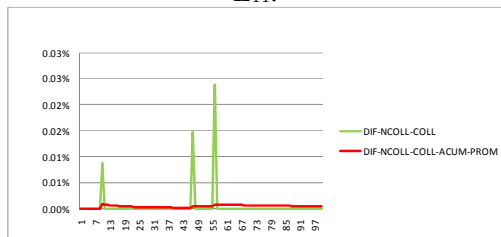


Figura 15. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E₁₁.

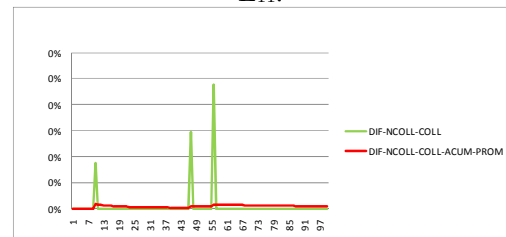


Figura 16. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E₁₁.

De esta forma, para el escenario E₁₁ se observa que las diferencias existen a mayor escala en los niveles superiores e intermedios de la cadena de suministro. Esto quiere decir que, teniendo en cuenta la capacidad disponible de 100 y el caso de N90-V025, la variabilidad es absorbida en gran medida por N1 y N2, mientras que los nodos proveedores del último nivel presentan pocos cambios frente a las dos orientaciones de colaboración.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 38 y la Tabla 39 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos de la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que el impacto de utilizar el mecanismo PP colaborativo es mayor para N1, mientras que es casi nulo para los nodos N5 y N6.

Tabla 38. Beneficios brutos. Escenario E₁₁.

			Variabilidad 25%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	106432.577	106546.875	0.107%
		2	33742.566	33754.8835	0.036%
		5	4589.406	4589.42765	0.000%
		6	4589.406	4589.42765	0.000%
		CS	149353.955	149480.613	0.085%

Tabla 39. Beneficios relativos. Escenario E₁₁.

			Variabilidad 25%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	4837.844395	4843.039752	0.107%
		2	4820.366571	4822.126209	0.036%
		5	4589.406	4589.42765	0.000%
		6	4589.406	4589.42765	0.000%
		CS	149353.9547	149480.6133	0.085%

Respecto a la Tabla 39, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual los resultados, para cada nodo y la cadena completa, son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 17, 18, 19 y 20 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada. Al igual que en el caso de los beneficios, las figuras señalan que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Por lo tanto, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan.

La característica principal del mecanismo PP es que establece restricciones a los nodos clientes en cuanto a la satisfacción de su demanda. Es decir, si un proveedor no puede satisfacer a sus clientes con lo solicitado por éste, éste tampoco lo podrá hacer con sus propios clientes.

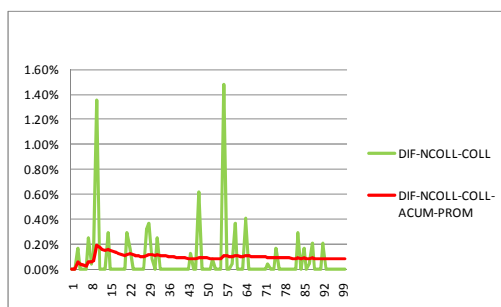


Figura 17. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E₁₁.

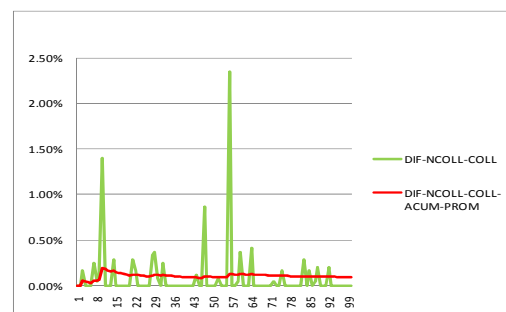


Figura 18. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E₁₁.

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

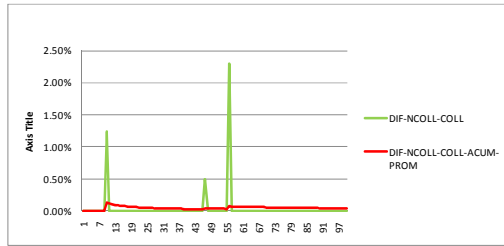


Figura 19. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E₁₁.

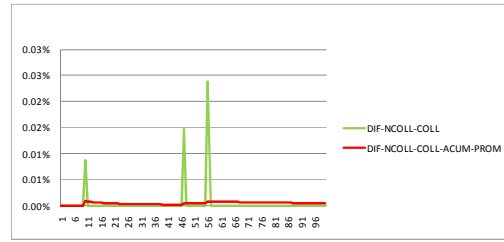


Figura 20. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E₁₁.

Se observa entonces, a partir de las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E₁₁, que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 40, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 40. Nivel de servicio. Escenario E₁₁.

			Variabilidad 25%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	99.87%	99.95%	0.079%
		2	99.85%	99.95%	0.091%
		5	99.92%	99.96%	0.040%
		6	99.92%	99.96%	0.040%
		CS	99.87%	99.95%	0.079%

Por tanto, el caso N90-V025, correspondiente al escenario E₁₁, presenta mejoras en el nivel de servicio cuando se considera un escenario colaborativo frente a cuando no se considera. No obstante, el nivel de servicio de N1 llegará a su máximo según la restricción que le imponga N2, que en este caso es de un 99.95%.

7.4.4.2.2 ESCENARIO E₂₁ PARA NIVEL 90 Y VARIABILIDAD 75% (N90-V075)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 21, 22, 23 y 24 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E₂₁ ha considerado datos de entrada suficientes y representativos para la variabilidad que éstos consideran, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

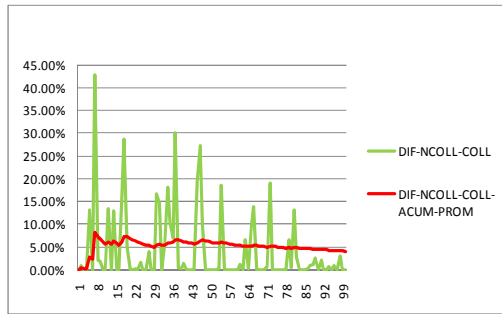


Figura 21. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E_{21} .

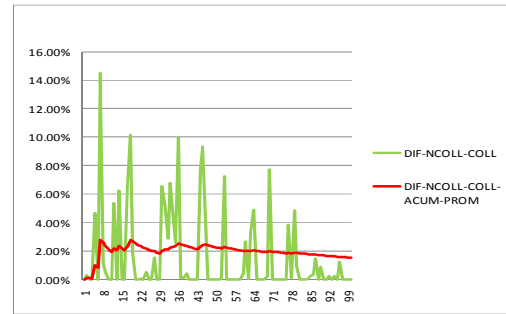


Figura 22. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E_{21} .

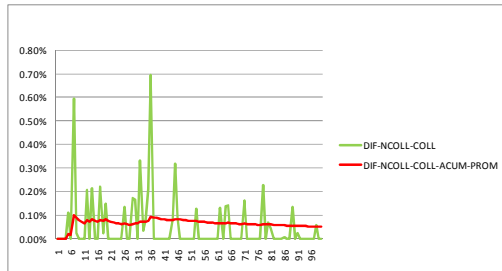


Figura 23. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E_{21} .

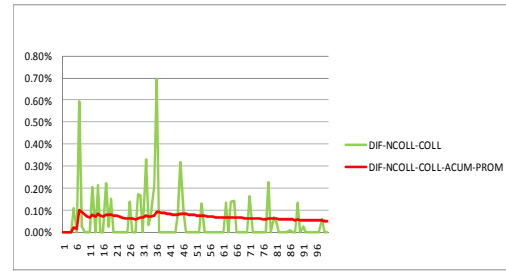


Figura 24. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E_{11} .

El escenario E_{21} presenta que la evolución de los beneficios para N1 es fluctuante al principio, para luego conseguir la estabilización al final de la generación de réplicas. Más aun, N2 presenta cambios más abruptos al principio que N1, esto está motivado por el hecho de que N2 es un nodo que modifica sus beneficios por dos razones. La primera es por lo que recibe de N1 y, la segunda, por lo que tiene que entregarle a N5 y N6. Por lo tanto, los cambios en el beneficio de N2 resultan ser más significativos. Seguidamente, N5 y N6 presentan una variabilidad baja en cuanto a las diferencias obtenidas al considerar una orientación colaborativa a una no-colaborativa. Se observa que a este nivel de demanda y variabilidad (N90-V075), los cambios generados en el N1 productos de los pedidos del cliente final, empiezan a ser absorbidos por todos los nodos que pertenecen a la cadena. Esto quiere decir que los nodos de tipo cliente empiezan a depender más de sus proveedores para poder cumplir con los requerimientos del cliente final.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 41 y la Tabla 42 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Por lo tanto, el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incrementa la variabilidad a un 75% y se mantiene constante el nivel de demanda en 90.

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

Tabla 41. Beneficios brutos. Escenario E₂₁.

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	100884.021	105146.133	4.054%
		2	33522.7898	34068.7583	1.603%
		5	4542.112	4544.4032	0.050%
		6	4542.112	4544.4032	0.050%
		CS	143491.035	148303.697	3.245%

Tabla 42. Beneficios relativos. Escenario E₂₁.

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	4585.637318	4779.369665	4.054%
		2	4788.969969	4866.965477	1.603%
		5	4542.112	4544.4032	0.050%
		6	4542.112	4544.4032	0.050%
		CS	143491.0348	148303.6974	3.245%

Al igual que en el escenario anterior, los beneficios relativos al coste unitario de E₂₁ se presentan comparables en cuanto a su magnitud para los diferentes niveles de la cadena. En todos los niveles se presenta una mejora respecto al caso no-colaborativo a cuando se considera el caso colaborativo. Para este escenario, el impacto aun es bajo para los nodos proveedores de los niveles inferiores.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 25, 26, 27 y 28 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₂₁. Al igual que en el caso de los beneficios, se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, nuevamente, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos consideran, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, según las figuras, se observa que el impacto es medianamente significativo en N1 producto de los niveles que presenta N2. También, es posible apreciar que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E₁₁.

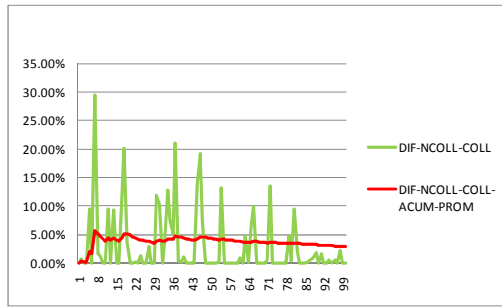


Figura 25. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E₂₁.

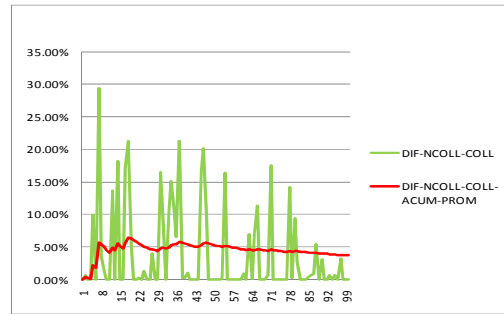


Figura 26. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E₂₁.

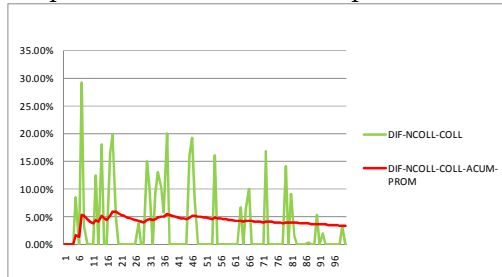


Figura 27. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E₂₁.

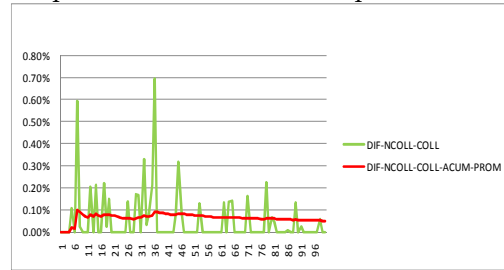


Figura 28. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E₂₁.

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E₂₁, es posible observar que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 42, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 43. Nivel de servicio. Escenario E₂₁.

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	96.54%	99.44%	2.924%
		2	95.76%	99.44%	3.693%
		5	96.26%	99.60%	3.354%
		6	96.26%	99.60%	3.354%
		CS	96.54%	99.44%	2.924%

7.4.4.2.3 ESCENARIO E₃₁ PARA NIVEL 90 Y VARIABILIDAD 100% (N90-V100)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 29, 30, 31 y 32 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E₃₁ ha considerado datos de entrada suficientes y representativos respecto a la variabilidad que éstos consideran, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

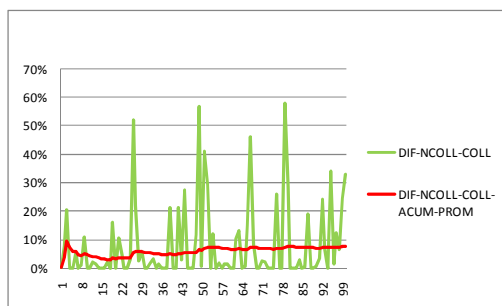


Figura 29. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E₃₁.

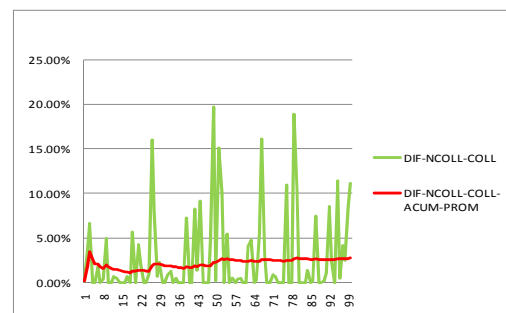


Figura 30. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E₃₁.

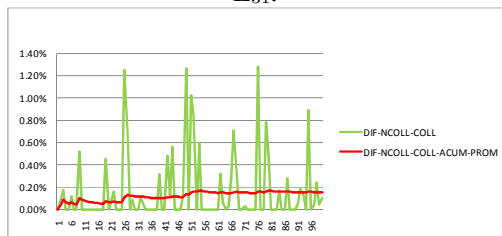


Figura 31. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E₃₁.

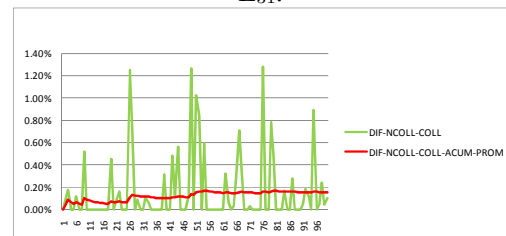


Figura 32. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E₃₁.

El escenario E₃₁ presenta que la evolución de los beneficios para N1 es fluctuante al principio, para luego conseguir la estabilización al final de la generación de réplicas. Más aun, N2 presenta cambios más abruptos al inicio de la simulación de las 100 réplicas respecto a N1. No obstante, en las diferencias porcentuales, N1 presenta un cambio mayor entre la consideración y no consideración del mecanismo colaborativo. Seguidamente, N5 y N6 presentan una variabilidad baja en cuanto a las diferencias obtenidas al considerar una orientación colaborativa y una no-colaborativa. Se observa que para este nivel de demanda y variabilidad (N90-V100), los cambios generados en N1 debido a los pedidos del cliente final empiezan a ser absorbidos en mayor cantidad por todos los nodos que pertenecen a la cadena. Así, los nodos de tipo cliente requieren de las

capacidades disponibles de sus proveedores para que éstos puedan responder a tiempo a las cantidades solicitadas.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 44 y la Tabla 44 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación a los demás nodos de la cadena. Por lo tanto, el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incrementa la variabilidad a un 100% y se mantiene constante el nivel de demanda en 90.

Tabla 44. Beneficios brutos. Escenario E₃₁.

			Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	95588.4122	103642.971	7.771%
		2	33278.48	34292.9333	2.958%
		5	4467.047	4473.77185	0.150%
		6	4467.047	4473.77185	0.150%
		CS	137800.986	146883.448	6.183%

Tabla 45. Beneficios relativos. Escenario E₃₁.

			Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	4344.927827	4711.044141	7.771%
		2	4754.068571	4898.99047	2.958%
		5	4467.047	4473.771851	0.150%
		6	4467.047	4473.771851	0.150%
		CS	137800.9862	146883.4481	6.183%

Respecto a la Tabla 44, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual los resultados para cada nodo y la cadena completa son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 33, 34, 35 y 36 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₃₁. Al igual que en el caso de los beneficios, a partir de estas figuras se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, según las figuras, se observa que el impacto es medianamente significativo en N1 producto de los niveles que presenta N2. También, es posible apreciar que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E₃₁.

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

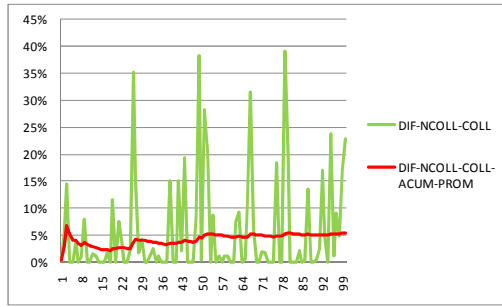


Figura 33. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E₃₁.

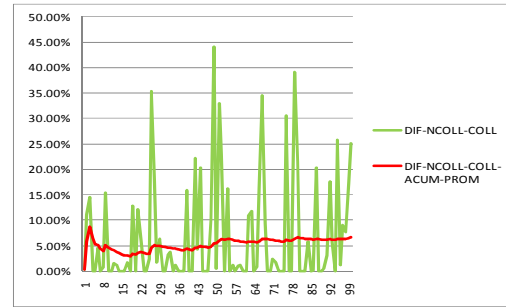


Figura 34. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E₃₁.

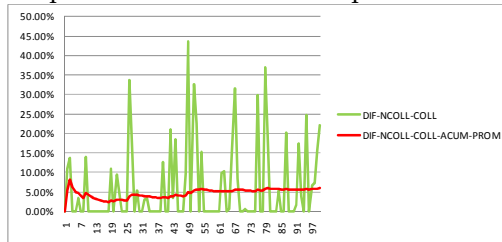


Figura 35. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E₃₁.

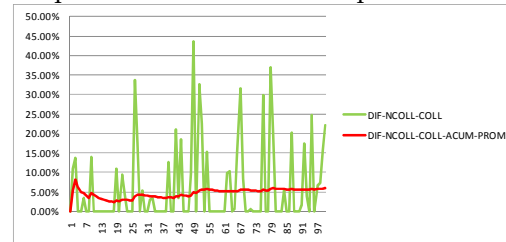


Figura 36. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E₃₁.

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E₃₁, se observa que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 45, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores, así el mecanismo PP colaborativo implica un incremento del 6.7% en el nivel de servicio respecto al entorno no-colaborativo.

Tabla 46. Nivel de servicio. Escenario E₃₁.

Nivel	90		Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
		1	93.37%	98.87%	5.558%
		2	92.18%	98.83%	6.729%
		5	93.05%	99.02%	6.031%
		6	93.05%	99.02%	6.031%
		CS	93.37%	98.87%	5.558%

7.4.4.2.4 ESCENARIO E_{41} PARA NIVEL 90 Y VARIABILIDAD 200% (N90-V200)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 37, 38, 39 y 40 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E_{41} ha considerado datos de entrada suficientes y representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

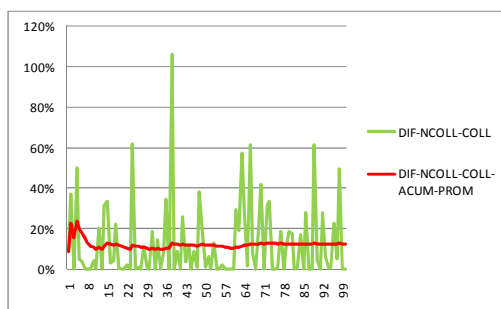


Figura 37. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E_{41} .

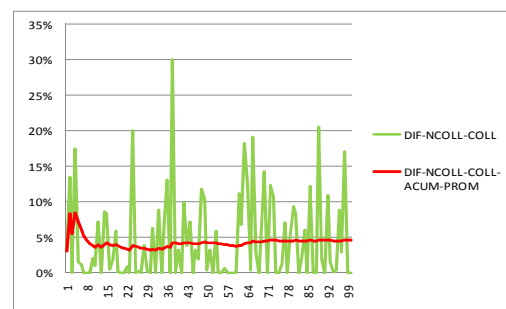


Figura 38. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E_{41} .

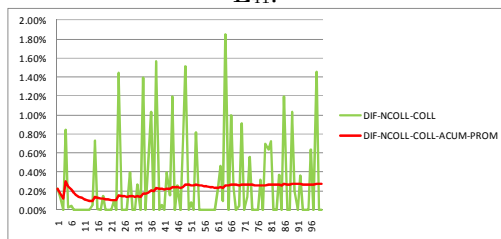


Figura 39. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E_{41} .

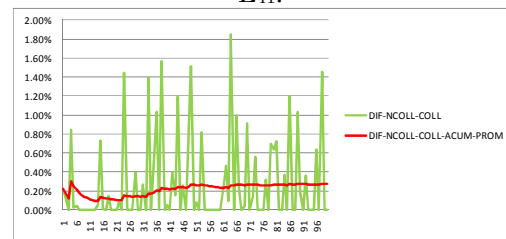


Figura 40. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E_{41} .

El escenario E_{41} presenta que la evolución de los beneficios para N1 es fluctuante al principio, para luego conseguir la estabilización al final de la generación de las réplicas. Más aun, N2 presenta cambios más abruptos al principio que N1, pero menores en cuanto a las diferencias porcentuales. Seguidamente, tal como ocurría en escenarios anteriores, N5 y N6 presentan una variabilidad baja en cuanto a las diferencias obtenidas al considerar una orientación colaborativa a una no-colaborativa. No obstante, se observa que los cambios son más pronunciados que en los escenarios anteriores. Se observa que para este nivel de demanda y variabilidad (N90-V200), los cambios generados en el nodo N1 de acuerdo con los pedidos del cliente final empiezan a ser absorbidos por todos los nodos que pertenecen a la cadena. Esto quiere decir que los nodos de tipo cliente empiezan a depender más de sus proveedores para poder cumplir con

los requerimientos del cliente final conforme la variabilidad de la demanda se incrementa.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 47 y la Tabla 48 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos de la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Por lo tanto, el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incrementa la variabilidad a un 200% y se mantiene constante el nivel de demanda en 90.

Tabla 47. Beneficios brutos. Escenario E₄₁.

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	89947.6445	102534.662	12.276%
		2	33085.3206	34764.6533	4.831%
		5	4352.038	4363.26572	0.257%
		6	4352.038	4363.26572	0.257%
		CS	131737.041	146025.847	9.785%

Tabla 48. Beneficios relativos. Escenario E₄₁.

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	4088.529295	4660.666463	12.276%
		2	4726.474364	4966.379046	4.831%
		5	4352.038	4363.265721	0.257%
		6	4352.038	4363.265721	0.257%
		CS	131737.0411	146025.8469	9.785%

Respecto a la Tabla 48, se observa que los beneficios relativos al coste unitarios de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual los resultados para cada nodo y la cadena completa son comparables. Finalmente, se observa que conforme la variabilidad de la demanda, para este nivel de 90, ha ido aumentando, el porcentaje de solución que el modelo colaborativo proporciona es más alto. Esto se puede interpretar como que el mecanismo PP colaborativo resultará más efectivo para solucionar conflictos entre los nodos y generar incrementos en los beneficios respecto al caso no-colaborativo según más alta sea la variabilidad en la demanda.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 41, 42, 43 y 44 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₄₁. Al igual que en el caso de los beneficios, a partir de estas figuras se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de

simulación. Con esto, nuevamente, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, se observa que el impacto es medianamente significativo en N1 producto de los niveles que presenta N2. También, se aprecia que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E_{41} .

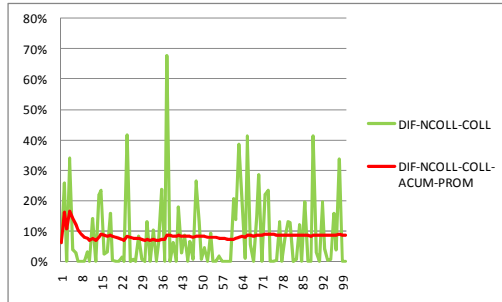


Figura 41. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E_{41} .

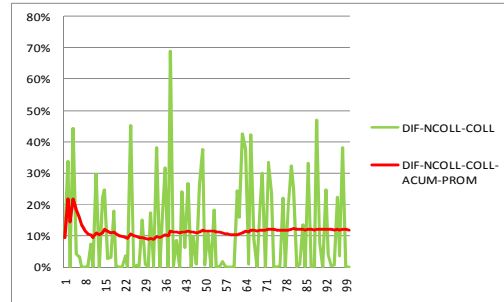


Figura 42. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E_{41} .

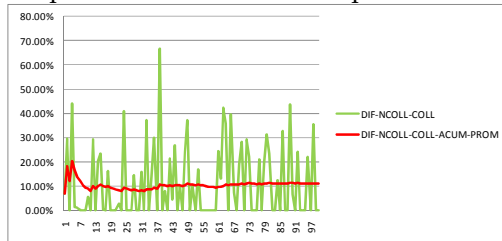


Figura 43. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E_{41} .

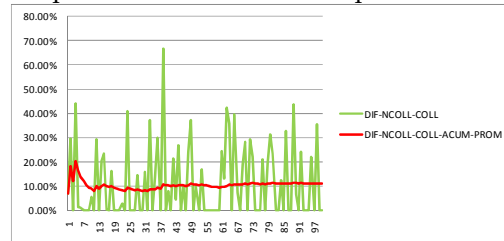


Figura 44. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E_{41} .

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E_{41} , se observa que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 49, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 49. Nivel de servicio. Escenario E_{41} .

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	90	1	90.02%	98.60%	8.706%
		2	86.73%	98.55%	11.992%
		5	88.09%	98.99%	11.011%
		6	88.09%	98.99%	11.011%
		CS	90.02%	98.60%	8.706%

Se destaca que el nodo N1, según lo establecido en la configuración inicial de datos de la Tabla 31, siempre intentará responder al cliente final sin problemas. Por lo que resulta claro que

su nivel de servicio tiende a ser mayor que el de los demás, aun estando en el caso colaborativo en el que lo que el proveedor puede entregar más impacta al cliente (ver Figura 47).

7.4.4.2.5 ESCENARIO E_{12} PARA NIVEL 100 Y VARIABILIDAD 25% (N100-V025)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 45, 46, 47 y 48 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E_{12} ha considerado datos de entrada suficientes y representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

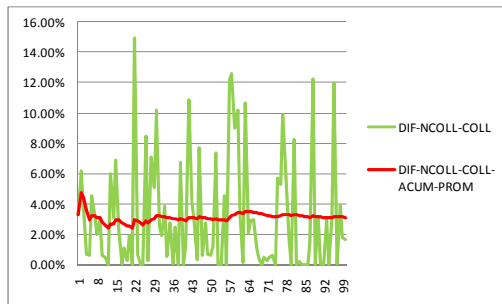


Figura 45. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E_{12} .

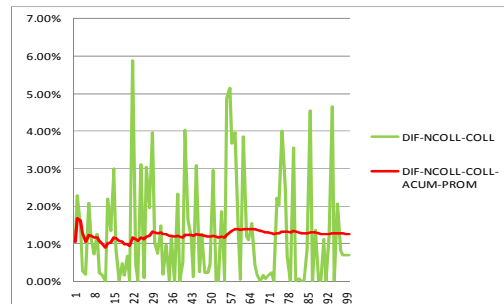


Figura 46. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E_{12} .

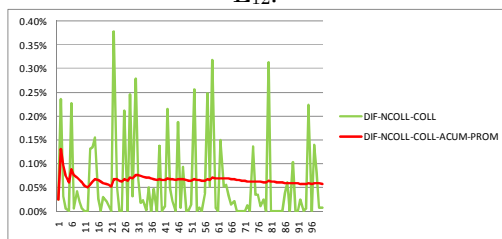


Figura 47. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E_{12} .

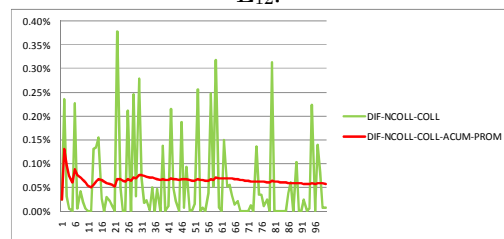


Figura 48. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E_{12} .

El escenario E_{12} presenta que la evolución de los beneficios para N1 es fluctuante al principio, para luego conseguir la estabilización al final de la generación de réplicas. Más aun, N2 presenta cambios abruptos y similares a N1. En este caso, los cambios de N1 son mayores que N2. Seguidamente, N5 y N6 presentan una variabilidad baja en cuanto a las diferencias obtenidas al considerar una orientación colaborativa y una no-colaborativa. Se observa que para este nivel de demanda y variabilidad (N100-V025), los cambios generados en el nodo N1 debido a los pedidos del cliente final implican un incremento en las diferencias para cada réplica. Esto

quiere decir que, conforme a lo visto en los escenarios correspondientes al nivel 90 de demanda, el mecanismo empieza a ser más efectivo para plantear soluciones y corregir los problemas debido a esta variabilidad.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 50 y la Tabla 51 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Por lo tanto, el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incremente la variabilidad a un 25% y se mantenga constante el nivel de demanda en 100.

Tabla 50. Beneficios brutos. Escenario E₁₂.

			Variabilidad 25%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	114216.953	117883.549	3.110%
		2	37572.111	38054.8946	1.269%
		5	5322.682	5325.70779	0.057%
		6	5322.682	5325.70779	0.057%
		CS	162434.428	166589.859	2.494%

Tabla 51. Beneficios relativos. Escenario E₁₂.

			Variabilidad 25%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	5191.679664	5358.343132	3.110%
		2	5367.444429	5436.413516	1.269%
		5	5322.682	5325.707789	0.057%
		6	5322.682	5325.707789	0.057%
		CS	162434.4276	166589.8591	2.494%

Respecto a la Tabla 51, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual los resultados para cada nodo y la cadena completa son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 49, 50, 51 y 52 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₁₂. Al igual que en el caso de los beneficios, a partir de estas figuras se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, nuevamente, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, se observa que el impacto del caso no-colaborativo y colaborativo es similar tanto para N1 como N2. También, se aprecia que las diferencias positivas aumentan respecto a los escenarios anteriores relacionados con el nivel 90.

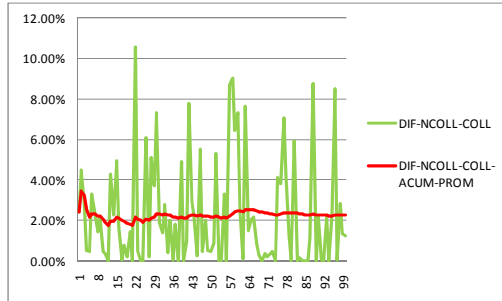


Figura 49. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E₁₂.

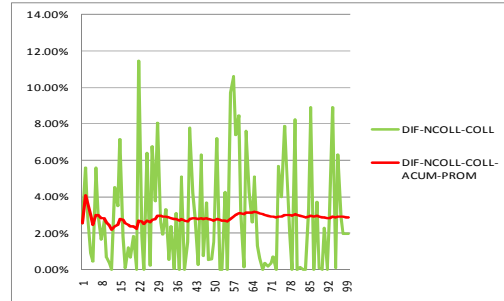


Figura 50. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E₁₂.

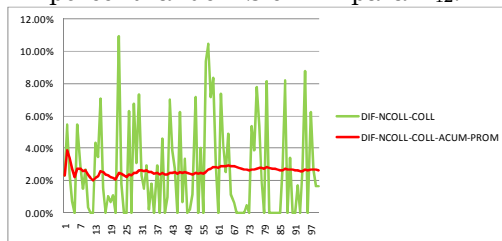


Figura 51. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E₁₂.

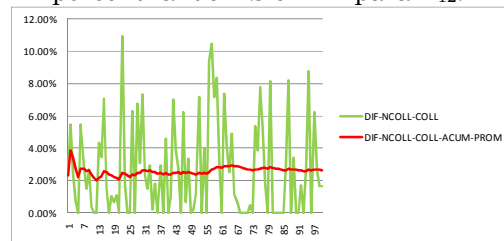


Figura 52. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E₁₂.

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E₁₂, se observa que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 52, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 52. Nivel de servicio. Escenario E₁₂.

			Variabilidad 25%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	97.54%	99.79%	2.253%
		2	96.92%	99.80%	2.881%
		5	97.17%	99.81%	2.639%
		6	97.17%	99.81%	2.639%
		CS	97.54%	99.79%	2.253%

En este caso, el escenario de E₁₂ que considera la configuración N100-V025, cabe destacar que el N1 ya no considera un beneficio mayor que el de sus proveedores, aun teniendo estos retrasos. Esto quiere decir que el mecanismo PP colaborativo, aunque resuelve los problemas de retraso de la demanda, para este nivel de saturación y

variabilidad, los nodos ya empiezan a encontrar más dificultades para encontrar soluciones.

7.4.4.2.6 ESCENARIO E_{22} PARA NIVEL 100 Y VARIABILIDAD 75% (N100-V075)

- Respecto al beneficio.

Las Figuras 53, 54, 55 y 56 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E_{22} ha considerado datos de entrada suficientes y representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

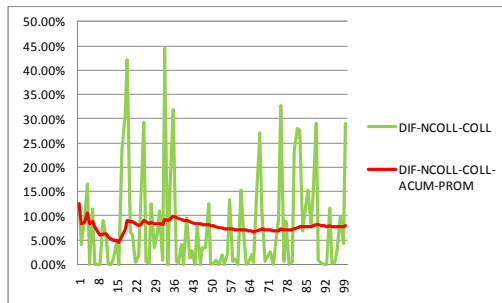


Figura 53. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E_{22} .

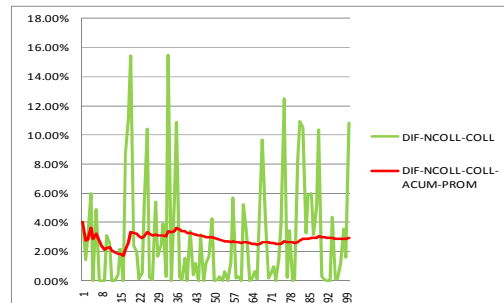


Figura 54. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E_{22} .

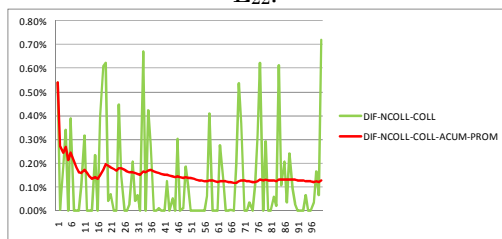


Figura 55. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E_{22} .

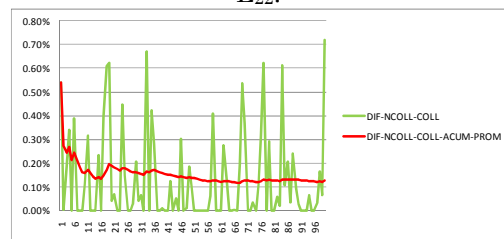


Figura 56. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E_{22} .

El escenario E_{22} presenta que la evolución de los beneficios para los nodos de la cadena (N1, N2, N5 y N6) es fluctuante al principio. No obstante, en contra de los escenarios ya estudiados hasta este punto, las variaciones mayores de diferencias porcentuales de beneficio (en cuanto a la perspectiva colaborativa y no-colaborativa) se encuentran en los nodos de niveles inferiores, es decir, en los nodos proveedores N5 y N6. En todos los casos, se generan diferencias promedios que se estabilizan al cabo de las 100 réplicas. Se observa que para este nivel de demanda y variabilidad (N100-V075), los cambios generados en el N1 productos de los pedidos del cliente final son tratados con normalidad por los nodos de los niveles superiores e intermedios (N1 y N2), mientras que los nodos N5 y N6, absorben gran parte de esta variabilidad en la demanda.

Esto quiere decir que los nodos de tipo clientes, dada su poca capacidad para absorber los requerimientos de sus propios clientes, envían gran parte de los requerimientos a sus proveedores.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 53 y la Tabla 54 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos de la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Por lo tanto, cuando el sistema se vuelve estable, el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incremente la variabilidad a un 75% y se mantenga constante el nivel de demanda en 100.

Tabla 53. Beneficios brutos. Escenario E₂₂.

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	107374.861	116435.095	7.781%
		2	37197.956	38362.1743	3.035%
		5	5161.922	5168.31221	0.124%
		6	5161.922	5168.31221	0.124%
		CS	154896.661	165133.894	6.199%

Tabla 54. Beneficios relativos. Escenario E₂₂.

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	4880.6755	5292.504332	7.781%
		2	5313.993714	5480.310611	3.035%
		5	5161.922	5168.31221	0.124%
		6	5161.922	5168.31221	0.124%
		CS	154896.661	165133.894	6.199%

Respecto a la Tabla 54, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual es posible decir que los resultados, para cada nodo y la cadena completa, son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 57, 58, 59 y 60 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₂₂. Al igual que en el caso de los beneficios, se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario E₂₂, se observa que el impacto es homogéneo en los nodos de la cadena de suministro. También, es

posible apreciar que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E_{12} .

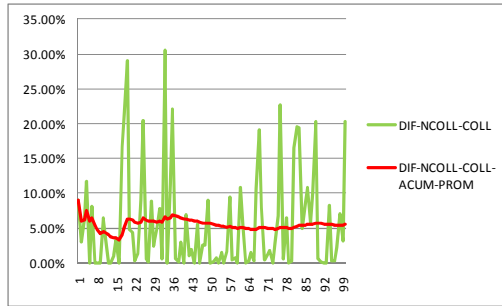


Figura 57. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E_{22} .

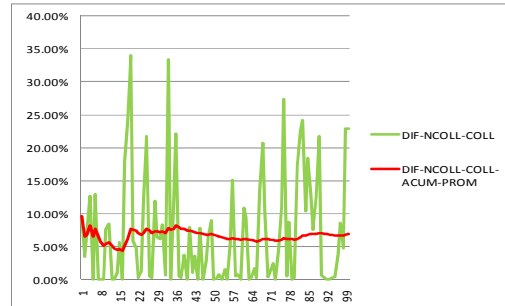


Figura 58. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E_{22} .

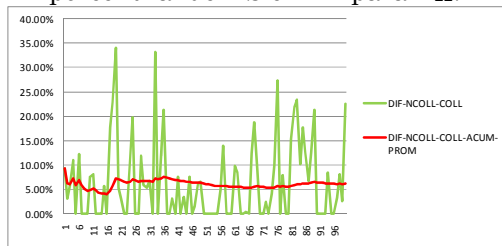


Figura 59. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E_{22} .

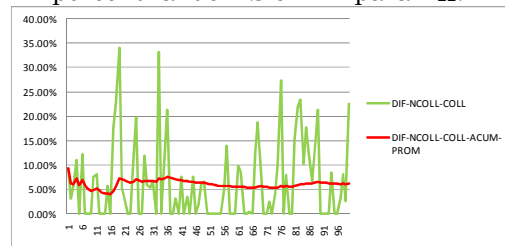


Figura 60. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E_{22} .

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E_{22} , se observa que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 55, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Tal y como se vio en el análisis de los beneficios, ahora los nodos inferiores (N5 y N6) presentan una mejora importante respecto al caso no-colaborativo. Con lo cual es evidente que el modelo de planificación colaborativa genera mejores soluciones cuando el entorno, en este caso el nodo de la cadena de suministro, se enfrenta a situaciones de variabilidad de la demanda más elevadas.

Tabla 55. Nivel de servicio. Escenario E_{22} .

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	93.90%	99.46%	5.588%
		2	92.50%	99.45%	6.986%
		5	93.35%	99.59%	6.263%
		6	93.35%	99.59%	6.263%
		CS	93.90%	99.46%	5.588%

Para el escenario de E_{22} que considera la configuración N100-V075, se destaca que el N1 ya no considera un beneficio del todo mayor que el de sus proveedores, aun teniendo estos retrasos. Esto quiere decir que en el mecanismo PP colaborativo, que resuelve los problemas de retraso de la demanda, para este nivel de saturación y

variabilidad, los nodos ya empiezan a encontrar más dificultades para encontrar soluciones.

7.4.4.2.7 ESCENARIO E_{32} PARA NIVEL 100 Y VARIABILIDAD 100% (N100-V100)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 61, 62, 63 y 64 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E_{32} ha considerado datos de entrada suficientes y representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

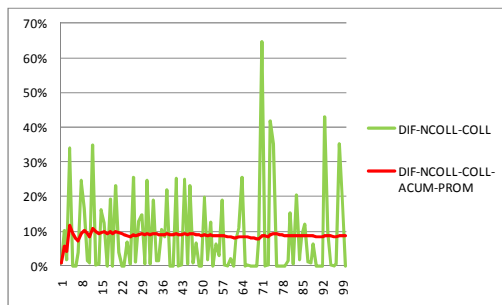


Figura 61. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E_{32} .

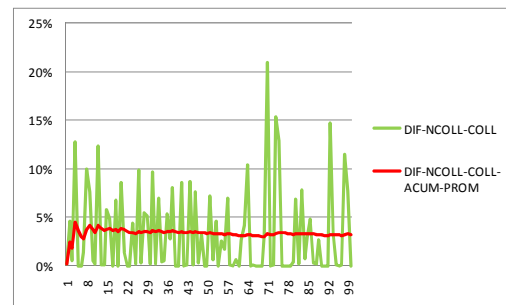


Figura 62. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E_{32} .

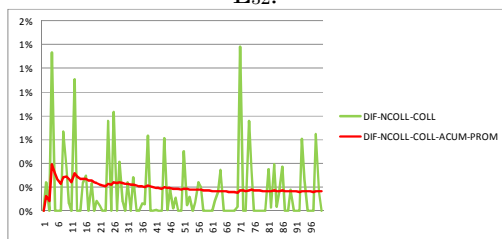


Figura 63. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E_{32} .

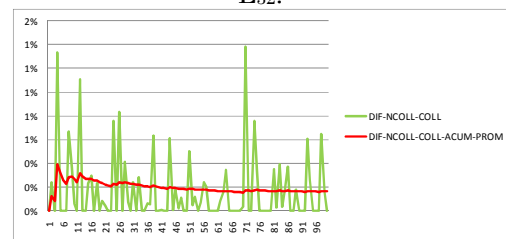


Figura 64. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E_{32} .

El escenario E_{32} presenta que la evolución de los beneficios para N1 es igual de fluctuante al principio que los escenarios anteriores. A diferencia del escenario anterior, las diferencias porcentuales son mayores. Es decir, que el modelo de planificación de la producción colaborativa ha sido capaz de plantear soluciones aceptables cuando el nodo no podía por sus propios medios. En este caso, N1 es quien presenta los cambios más abruptos en cuanto a la evolución de las diferencias, mientras que los cambios y evoluciones en N2 son menos significativos en cuanto a escenarios anteriores. Seguidamente, N5 y N6 presentan una variabilidad baja en cuanto a las diferencias obtenidas al considerar una orientación colaborativa a

una no-colaborativa. Se observa que para este nivel de demanda y variabilidad (N100-V100), los cambios generados en el N1 producto de los pedidos del cliente final intentan ser resueltos en primera instancia por él mismo, para luego enviar los pedidos a sus proveedores correspondientes según los problemas de capacidad que haya tenido para el patrón de demanda o réplica correspondiente.

Por lo que, desde un punto de vista cuantitativo, los beneficios brutos y relativos para los nodos de la cadena de suministro que se presentan en la Tabla 56 y la Tabla 57 indican que el mecanismo PP colaborativo genera un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Mientras que los nodos de nivel inferior (N5 y N6) presentan un impacto bajo respecto a la utilización del mecanismo PP colaborativo conforme se incrementa la variabilidad a un 100% y se mantiene constante el nivel de demanda en 100.

Tabla 56. Beneficios brutos. Escenario E₃₂.

			Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	105160.193	115180.033	8.699%
		2	37039.373	38343.3182	3.401%
		5	5079.332	5087.4352	0.159%
		6	5079.332	5087.4352	0.159%
		CS	152358.23	163698.222	6.927%

Tabla 57. Beneficios relativos. Escenario E₃₂.

			Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	4780.008764	5235.456046	8.699%
		2	5291.339	5477.616883	3.401%
		5	5079.332	5087.4352	0.159%
		6	5079.332	5087.4352	0.159%
		CS	152358.2298	163698.2216	6.927%

Respecto a la Tabla 57, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual los resultados para cada nodo y la cadena completa son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 65, 66, 67 y 68 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₃₂. Al igual que en el caso de los beneficios, se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, se observa que el impacto es medianamente significativo en N1 producto de los niveles que presenta N2. También, se aprecia que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E₂₂. Es decir, se observa que el nivel servicio, en todos los niveles, se ve afectado debido a los problemas de capacidad de los nodos de los niveles inferiores.

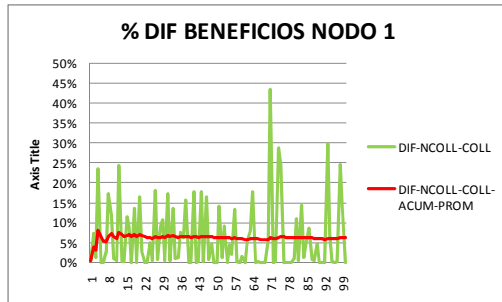


Figura 65. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E₃₂.

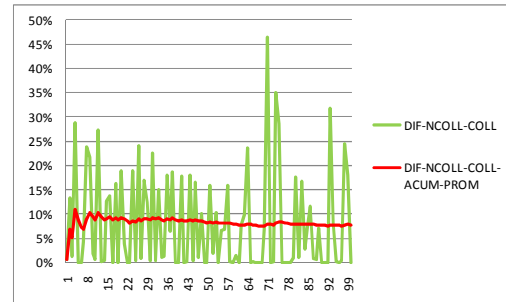


Figura 66. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E₃₂.

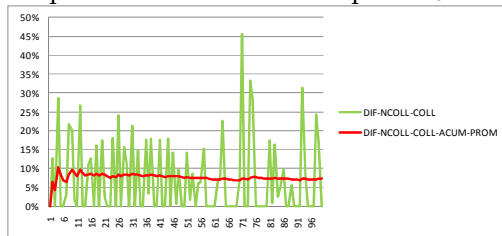


Figura 67. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E₃₂.

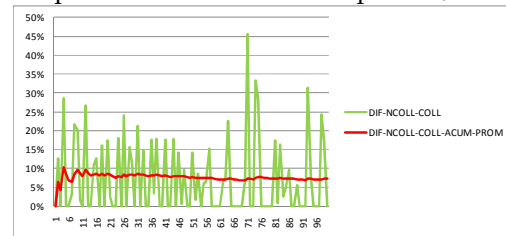


Figura 68. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E₃₂.

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E₃₂, se observa que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 58, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 58. Nivel de servicio. Escenario E₃₂.

			Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	92.74%	98.88%	6.214%
		2	91.03%	98.82%	7.880%
		5	91.85%	99.04%	7.263%
		6	91.85%	99.04%	7.263%
		CS	92.74%	98.88%	6.214%

Así, para este escenario de mayor variabilidad, se observa que los nodos proveedores de los niveles inferiores, tras la consideración del mecanismo PP colaborativo, presentan una mejora importante

respecto al caso no colaborativo, específicamente de un 7.2%, lo cual es mayor que el incremento del nodo N1. Esto quiere decir que el nodo N1, aun habiendo resuelto los conflictos con sus proveedores, sigue teniendo problemas de capacidad.

7.4.4.2.8 ESCENARIO E₄₂ PARA NIVEL 100 Y VARIABILIDAD 200% (N100-V200)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 69, 70, 71 y 72 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E₄₂ ha considerado datos de entrada suficientes y representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

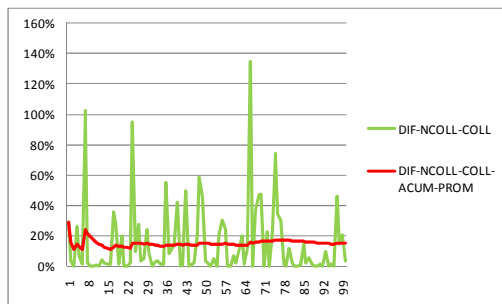


Figura 69. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E₄₂.

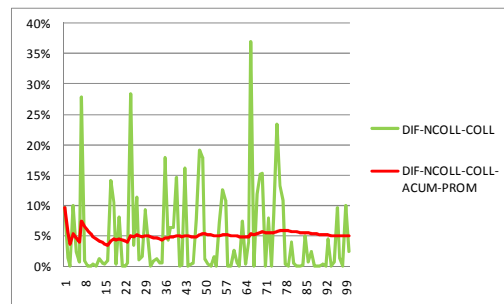


Figura 70. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E₄₂.

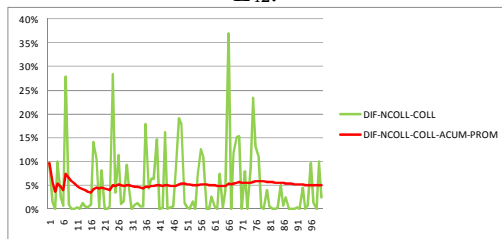


Figura 71. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E₄₂.

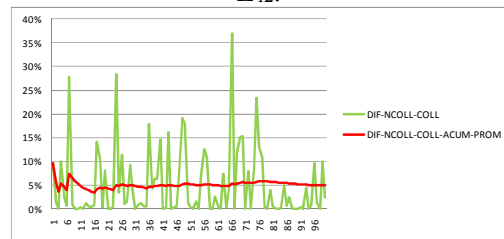


Figura 72. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E₄₂.

El escenario E₄₂ presenta que la evolución de los beneficios para N1 varía de manera importante en las primeras réplicas de simulación. Seguidamente, consiguen la estabilización al final de la generación de réplicas. Más aun, N1 presenta cambios más abruptos al principio que en el resto de los nodos, esto está motivado por el hecho de que N1 es un nodo que siempre intentará utilizar horas extras para no tener que retrasar, pero al hacerlo su coste de penalización será demasiado alto y, por lo tanto, pierde al hacerlo. Además, se observa que las variaciones en las diferencias de los beneficios de los nodos N2, N5 y N6 son relativamente similares en

cuanto a magnitud. Por lo que para este nivel de demanda y variabilidad (N100-V200), los cambios generados en el N1 productos de los pedidos del cliente final, son absorbidos en gran parte por el N1, que siempre intentará no retrasar, pero que debe enviar solicitudes a sus proveedores con tal de cumplir al máximo con los pedidos del cliente.

Adicionalmente, desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 59 y la Tabla 60, presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos de la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Por lo tanto, el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incremente la variabilidad a un 200% y se mantenga constante el nivel de demanda en 100.

Tabla 59. Beneficios brutos. Escenario E₄₂.

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	97532.7547	113990.098	14.438%
		2	36602.8111	38688.9896	5.392%
		5	4869.211	4885.61472	0.336%
		6	4869.211	4885.61472	0.336%
		CS	143873.988	162450.317	11.435%

Tabla 60. Beneficios relativos. Escenario E₄₂.

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	4433.307032	5181.368107	14.438%
		2	5228.973011	5526.99851	5.392%
		5	4869.211	4885.614718	0.336%
		6	4869.211	4885.614718	0.336%
		CS	143873.9878	162450.3174	11.435%

Respecto a la Tabla 60, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual los resultados para cada nodo y la cadena completa son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 73, 74, 75 y 76 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₄₂. Al igual que en el caso de los beneficios, a partir de estas figuras se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, nuevamente, los datos de entrada que se

consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, según las figuras, se observa que el impacto es similar en N1 producto de los niveles de servicio que presenta N2, quien a su vez se ve limitado por el nivel de servicio que presentan tanto N5 como N6. También, es posible apreciar que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E₃₂.

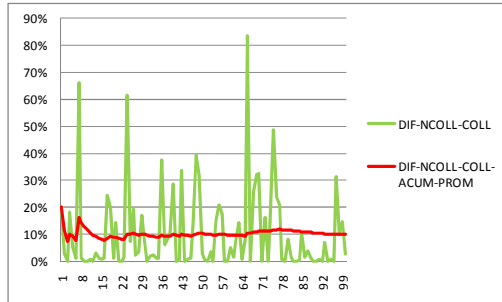


Figura 73. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E₄₂.

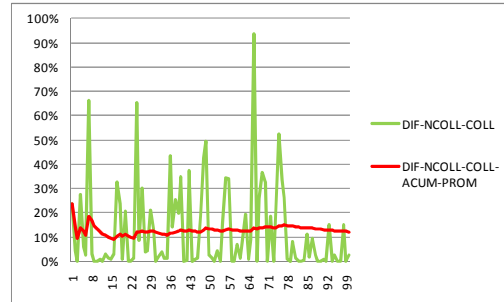


Figura 74. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E₄₂.

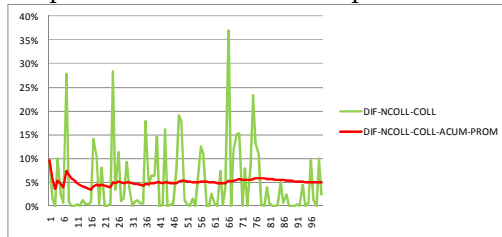


Figura 75. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E₄₂.

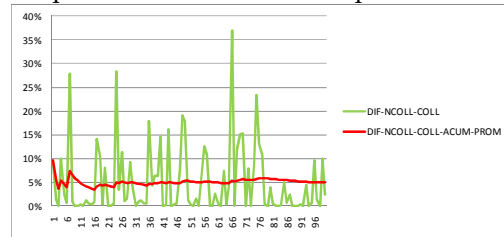


Figura 76. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E₄₂.

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E₄₂, es posible observar que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 61, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 61. Nivel de servicio. Escenario E₄₂.

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	100	1	88.70%	98.80%	10.218%
		2	86.57%	98.71%	12.304%
		5	87.59%	98.76%	11.312%
		6	87.59%	98.76%	11.312%
		CS	88.70%	98.80%	10.218%

7.4.4.2.9 ESCENARIO E₁₃ PARA NIVEL 110 Y VARIABILIDAD 25% (N110-V025)

- Respecto al beneficio.

Las Figuras 77, 78, 79 y 80 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E₁₃ ha considerado datos de entrada suficientes y representativos para generar datos representativos respecto a la variabilidad que éstos consideren, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

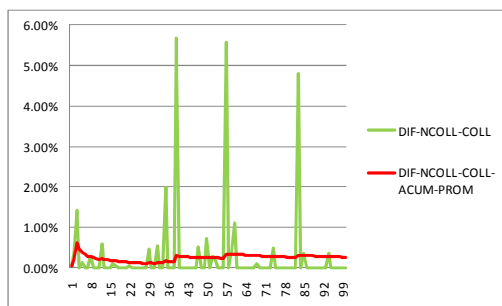


Figura 77. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E₁₃.

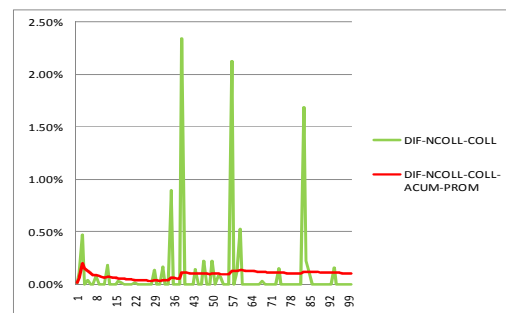


Figura 78. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E₁₃.

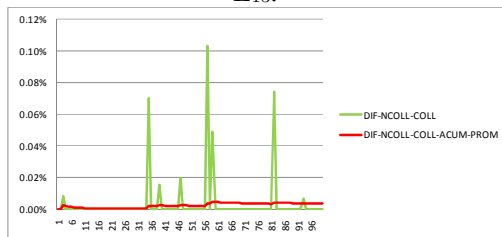


Figura 79. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E₁₃.

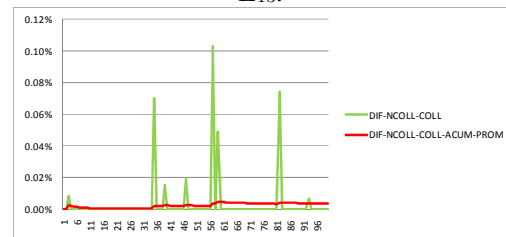


Figura 80. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E₁₃.

El escenario E₁₃ señala que la evolución de los beneficios se comporta de manera muy similar entre los nodos de la cadena de suministro. De hecho, para este nivel de demanda de 110 y una variabilidad del 25% se observa que solo en algún instante el patrón de demanda se presenta como conflictivo para el nodo N1. Estos mismos instantes, que implican problemas desde el punto de vista de la capacidad disponible, se transmiten de igual manera a los nodos de nivel inferior. Por lo que, a partir de las figuras de evolución de los beneficios, es posible establecer que para este nivel de demanda y variabilidad (N100-V025), los cambios generados en el N1 producto de los pedidos del cliente final son transmitidos a los proveedores de manera directa. Por lo que los nodos proveedores se comportarán de manera similar para poder resolver estos conflictos según el mecanismo PP.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 62 y la Tabla 63 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, tal como ha sido en los escenarios anteriores, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Por lo tanto, es posible decir que el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incrementa la variabilidad a un 25% y se mantiene constante el nivel de demanda en 110. Esto representaría el hecho de que para una demanda que exceda en promedio las capacidades medias disponibles serán los nodos de primer nivel los que intentarán resolver los problemas según las capacidades disponibles para, posteriormente, transmitir los requerimientos a los proveedores.

Tabla 62. Beneficios brutos. Escenario E₁₃.

			Variabilidad 25%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	129557.789	129901.761	0.265%
		2	41045.1393	41085.2907	0.098%
		5	5424.37879	5424.56828	0.003%
		6	5424.37879	5424.56828	0.003%
		CS	181451.686	181836.188	0.211%

Tabla 63. Beneficios relativos. Escenario E₁₃.

			Variabilidad 25%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	5888.990418	5904.625488	0.265%
		2	5863.591334	5869.327243	0.098%
		5	5424.378788	5424.568283	0.003%
		6	5424.378788	5424.568283	0.003%
		CS	181451.6861	181836.188	0.211%

Respecto a la Tabla 63, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual es posible decir que los resultados, para cada nodo y la cadena completa, son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 81, 82, 83 y 84 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₁₃. Al igual que en el caso de los beneficios, a partir de estas figuras se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, nuevamente, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos consideran y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, se observa que el impacto es medianamente significativo en N1 producto de los niveles que presenta N2. También, es posible apreciar que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E₄₂.

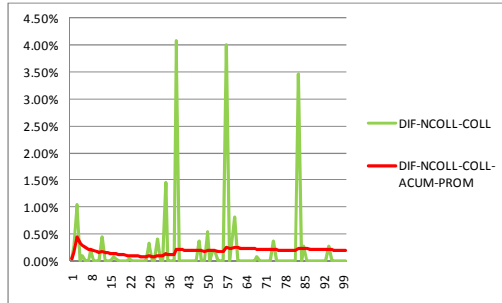


Figura 81. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E₁₃.

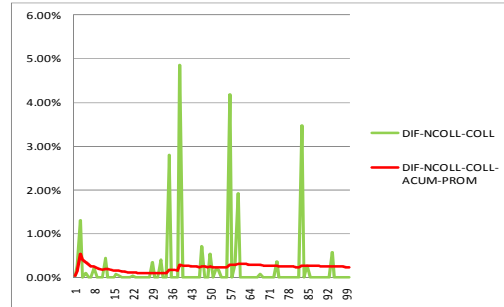


Figura 82. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E₁₃.

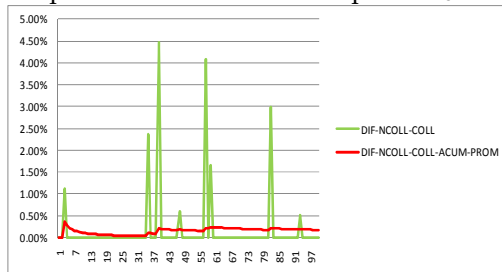


Figura 83. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E₁₃.

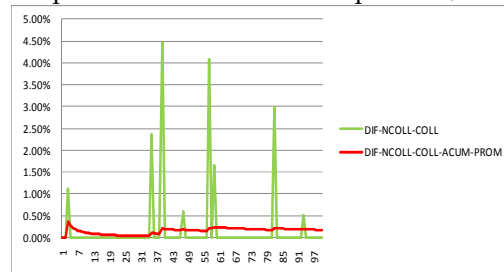


Figura 84. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E₁₃.

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E₁₃, es posible observar que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 64, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 64. Nivel de servicio. Escenario E₁₃.

		Variabilidad 25%			
		NCOL	COL	DIF	
Nivel	110	1	99.70%	99.89%	0.193%
		2	99.65%	99.89%	0.237%
		5	99.71%	99.89%	0.178%
		6	99.71%	99.89%	0.178%
		CS	99.70%	99.89%	0.193%

Así, para este escenario en el que el nivel promedio es mayor que la capacidad disponible, es posible observar que los nodos proveedores de los niveles inferiores con una variabilidad del 25%, tras la consideración del mecanismo PP colaborativo, presentan una leve mejora respecto al caso no colaborativo, de hecho, es el nodo N2

el que incrementa su nivel de servicio en una cantidad mayor que el resto. Esto implica que el NS en el N1 estará muy influenciado por lo que el N2 pueda hacer.

7.4.4.2.10 ESCENARIO E_{23} PARA NIVEL 110 Y VARIABILIDAD 75% (N110-V075)

- Respecto al beneficio.

Las Figuras 85, 86, 87 y 88 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E_{23} ha considerado datos de entrada suficientes y representativos para generar datos representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

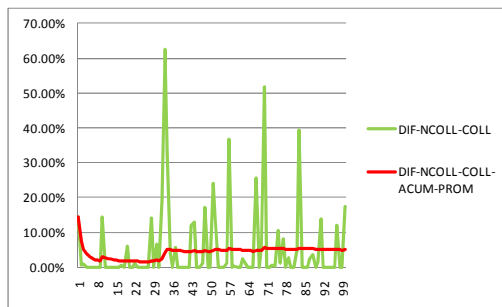


Figura 85. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E_{23} .

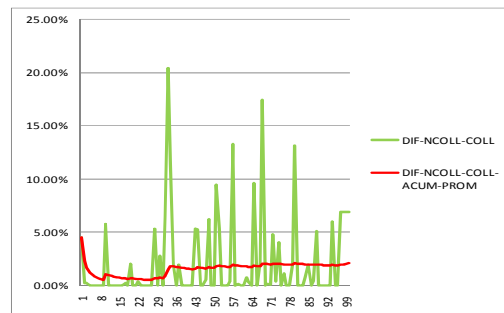


Figura 86. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E_{23} .

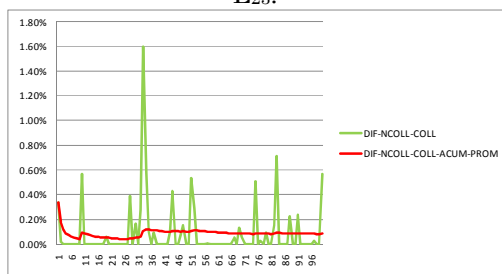


Figura 87. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E_{23} .

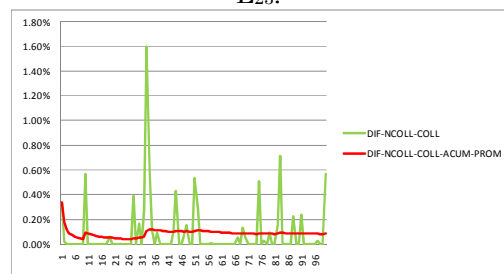


Figura 88. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E_{23} .

El escenario E_{23} presenta una evolución porcentual de las diferencias totales de los nodos muy similar al patrón del escenario E_{13} . El nodo N1 es el que considera una magnitud mayor en cuanto a la evolución de los beneficios. Respecto a las diferencias, se observa que los nodos de los niveles superiores e intermedios, N1 y N2, absorben gran parte de la variabilidad del cliente final, la cual es transmitida a menor escala hacia los nodos de nivel inferior (N5 y N6). Se observa, además, que para este nivel de demanda y variabilidad (N110-V075), los cambios generados en el nodo N1 son

debidos a los pedidos del cliente final y los nodos de tipo cliente no dependerán del todo de sus proveedores, debido a que intentarán utilizar horas extras para poder cumplir con las demandas de estas características. Según la configuración inicial establecida en la Tabla 30, los costes por la utilización de horas extras siempre serán mayores que los debidos a retrasar la demanda. Por lo que esta tendencia hace que los nodos de niveles inferiores interactúen en ciertas ocasiones con variabilidades importantes de la demanda y, por tanto, utilicen el mecanismo PP colaborativo para resolver estos problemas con los retrasos de la demanda.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 65 y la Tabla 66 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, por lo ya expuesto, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena que disminuye gradualmente hacia los nodos de tipo proveedor. Por lo tanto, es posible decir que el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incremente la variabilidad a un 75% y se mantenga constante el nivel de demanda en 110.

Tabla 65. Beneficios brutos. Escenario E₂₃.

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	121012.157	127387.344	5.005%
		2	40707.0327	41555.7981	2.042%
		5	5356.543	5360.98485	0.083%
		6	5356.543	5360.98485	0.083%
		CS	172432.275	179665.112	4.026%

Tabla 66. Beneficios relativos. Escenario E₂₃.

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	5500.552582	5790.333817	5.005%
		2	5815.290383	5936.542582	2.042%
		5	5356.543	5360.98485	0.083%
		6	5356.543	5360.98485	0.083%
		CS	172432.2755	179665.1117	4.026%

Respecto a la Tabla 66, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual es posible decir que los resultados, para cada nodo y la cadena completa, son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 91, 92, 93 y 94 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E₂₃. Al igual que en el caso de

los beneficios, a partir de estas figuras se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, nuevamente, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, según las figuras, se observa que el impacto es homogéneo entre los nodos de la cadena de suministro. También, es posible apreciar que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E_{13} .

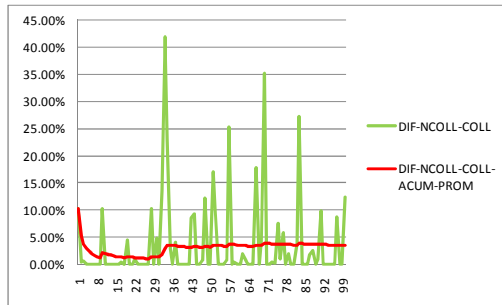


Figura 89. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E_{23} .

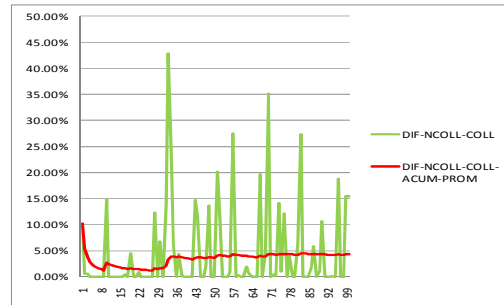


Figura 90. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E_{23} .

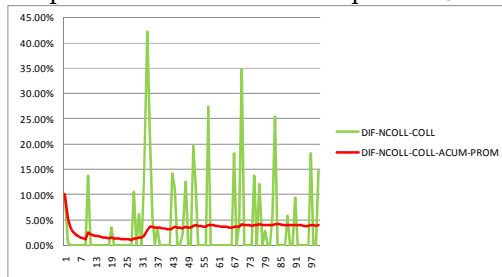


Figura 91. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E_{23} .

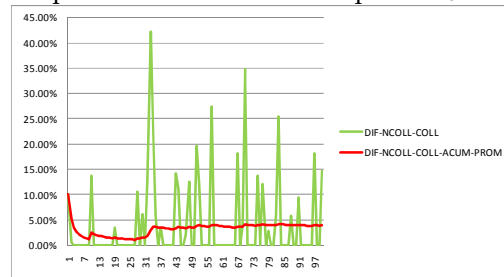


Figura 92. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E_{23} .

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E_{23} , es posible observar que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores apoyarán el nivel de servicio de sus clientes en aquellos casos en que éstos se ven superados por un pedido demasiado elevado o, elevado de forma consecutiva, lo cual hace que los nodos proveedores no puedan utilizar horas extras hasta asegurarse de que los proveedores puedan cumplir con los pedidos. Además, tal como se presenta en la Tabla 67, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles, especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 67. Nivel de servicio. Escenario E₂₃.

			Variabilidad 75%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	95.50%	99.05%	3.586%
		2	94.60%	99.01%	4.460%
		5	95.28%	99.22%	3.972%
		6	95.28%	99.22%	3.972%
		CS	95.50%	99.05%	3.586%

7.4.4.2.11 ESCENARIO E₃₃ PARA NIVEL 110 Y VARIABILIDAD 100% (N110-V100)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 93, 94, 95 y 96 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E₃₃ ha considerado datos de entrada suficientes y representativos para generar datos representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplen, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

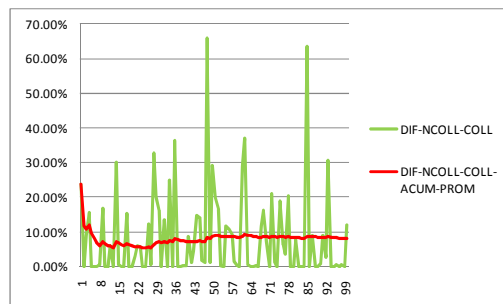


Figura 93. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E₃₃.

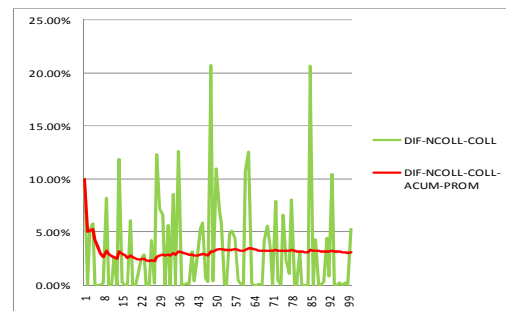


Figura 94. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E₃₃.

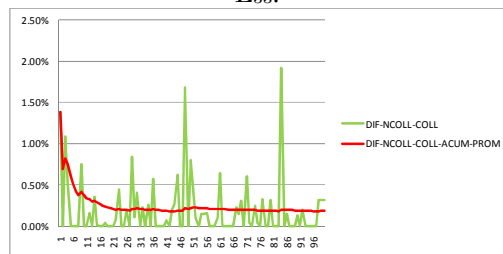


Figura 95. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E₃₃.

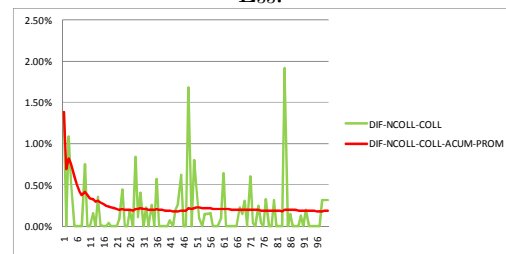


Figura 96. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E₃₃.

El escenario E₃₃ presenta que la evolución de los beneficios promedio acumulados para N1 tiene un valor constante casi desde el inicio. Más aun, N2 presenta cambios menores en su magnitud tras la consideración del escenario colaborativo en comparación con N1. Esto

se motiva por el hecho de que, tal como comentado en las secciones anteriores, N2 será un nodo que modifique sus beneficios por dos razones. La primera, por lo que recibe de N1 y, la segunda, por lo que tiene que entregarle a N5 y N6. Por lo tanto, dado que N1 absorbe gran parte de la variabilidad utilizando horas extras, la variabilidad de los beneficios en N2 será menor y, por tanto, menores en N5 y N6. Se observa, por lo tanto, que para este nivel de demanda y variabilidad (N110-V100), los cambios generados en el N1 productos de los pedidos del cliente final, empiezan a ser absorbidos por todos los nodos que pertenecen a la cadena. Esto quiere decir que los nodos de tipo clientes, si bien absorben gran parte de la variabilidad de la demanda, dependen mucho más de sus proveedores debido a que cada vez más son incapaces de absorber toda la variabilidad, y aunque puedan absorber la gran mayoría, serán aquellos pedidos elevados y consecutivos los que harán que el escenario no-colaborativo sea menos favorable que el colaborativo.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 68 y la Tabla 69, presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que existe un impacto muy elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Esto es debido a que el nodo N1 siempre intentará cumplir con la demanda del cliente final antes de retrasar la demanda. Por lo tanto, es posible decir que el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incremente la variabilidad a un 100% y se mantenga constante el nivel de demanda en 110.

Tabla 68. Beneficios brutos. Escenario E₃₃.

			Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	116805.67	127028.167	8.047%
		2	40488.495	41822.9909	3.191%
		5	5296.68061	5305.97455	0.175%
		6	5296.68061	5305.97455	0.175%
		CS	167887.527	179463.107	6.450%

Tabla 69. Beneficios relativos. Escenario E₃₃.

			Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	5309.348655	5774.007601	8.047%
		2	5784.070714	5974.712981	3.191%
		5	5296.680612	5305.974548	0.175%
		6	5296.680612	5305.974548	0.175%
		CS	167887.5266	179463.1072	6.450%

Respecto a la Tabla 69, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen

equilibrados, con lo cual es posible decir que los resultados, para cada nodo y la cadena completa, son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 97, 98, 99 y 100 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución promedio acumulada para el escenario E_{33} . Al igual que en el caso de los beneficios, a partir de estas figuras se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, nuevamente, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar un análisis con ellos.

Para este escenario, según las figuras, se observa que el impacto es medianamente significativo en N1 producto de los niveles que presenta N2. También, es posible apreciar que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E_{23} .

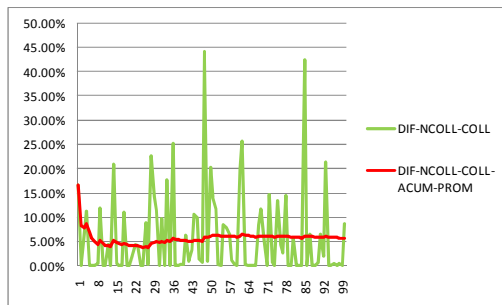


Figura 97. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E_{33} .

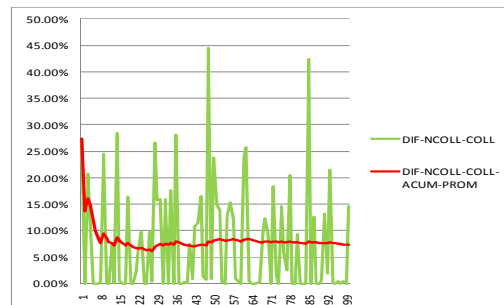


Figura 98. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E_{33} .

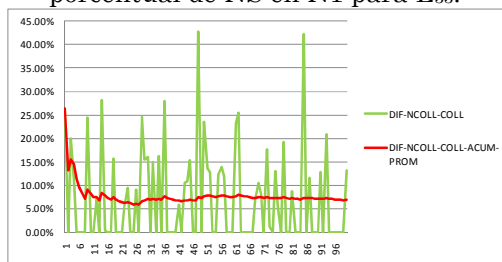


Figura 99. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E_{33} .

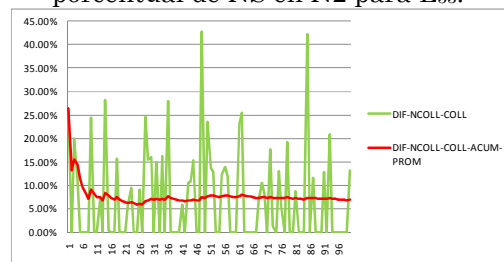


Figura 100. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E_{33} .

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E_{33} , es posible observar que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. No obstante, es el nodo N2 el que experimenta el cambio más significativo respecto a la utilización y no utilización del mecanismo PP. Es decir que, los problemas que se resuelven mediante la negociación en los niveles inferiores (nodos N5 y N6) implican un impacto positivo en los nodos de tipo cliente en cuanto al nivel de servicio. Además, tal como se presenta en la Tabla 70, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles.

Tabla 70. Nivel de servicio. Escenario E₃₃.

			Variabilidad 100%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	93.44%	99.14%	5.750%
		2	91.69%	99.08%	7.454%
		5	92.40%	99.25%	6.904%
		6	92.40%	99.25%	6.904%
		CS	93.44%	99.14%	5.750%

7.4.4.2.12 ESCENARIO E₄₃ PARA NIVEL 110 Y VARIABILIDAD 200% (N110-V200)

- **Respecto al beneficio.**

Las Figuras 101, 102, 103 y 104 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los beneficios y su evolución promedio acumulada. Al cabo de las 100 réplicas de simulación, los promedios acumulados se presentan estables. Así, el escenario E₄₃ ha considerado datos de entrada suficientes y representativos para generar datos representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan, con lo cual es posible realizar un estudio comparativo entre ellos.

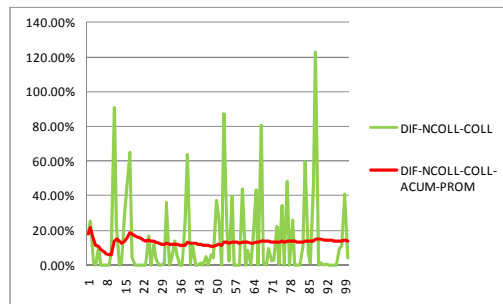


Figura 101. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N1 para E₄₃.

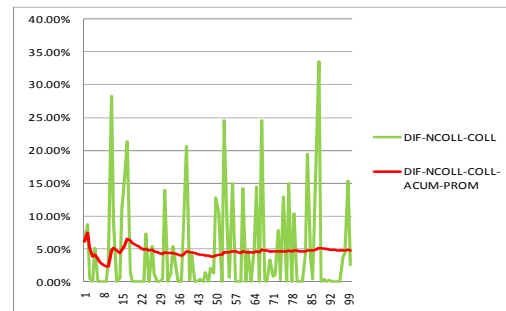


Figura 102. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N2 para E₄₃.

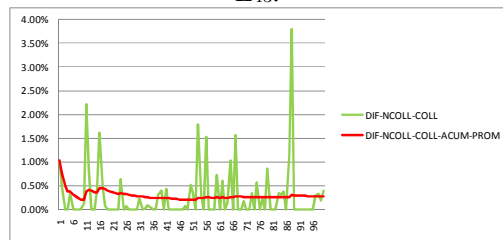


Figura 103. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N5 para E₄₃.

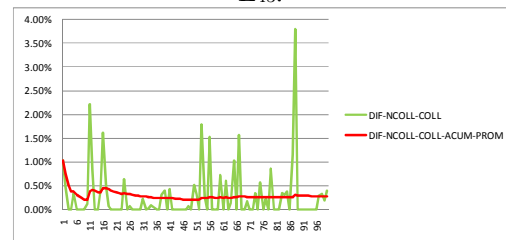


Figura 104. Evolución de la diferencia porcentual de los beneficios de N6 para E₄₃.

El escenario E₄₃ presenta que la evolución de los beneficios para N1 es fluctuante al principio, para luego conseguir la estabilización al final de la generación de réplicas. Más aun, N1 presenta cambios más abruptos al principio que en el resto de los nodos, esto está motivado por el hecho de que N1, frente al nivel y la variabilidad elevada de la demanda, intentará cumplir con la

demanda del cliente final. Esto lo conseguirá mediante la utilización de horas extras. No obstante, dado que el coste de penalización por utilizar horas extras es elevado, el nodo N1 deberá retrasar demanda por sus propios problemas de capacidad. Lo cual implica que no será capaz de absorber toda la variabilidad que se vincula con N110-V200. De esta manera, la variabilidad se transmite a los proveedores. No obstante, los proveedores presentarán una diferencia menor en cuanto a la evolución del promedio acumulado de los beneficios. Esto se interpreta como que los nodos de tipo cliente tratan de ser los más independientes de sus proveedores, pero debido al nivel y variabilidad elevada de N110-V200, los proveedores juegan un rol fundamental al apoyar el cumplimiento de la demanda del cliente final.

Desde un punto de vista cuantitativo, la Tabla 71 y la Tabla 72 presentan los beneficios brutos y relativos para los nodos de la cadena de suministro, respectivamente. En este caso, se observa que existe un impacto elevado en N1 en comparación con los demás nodos de la cadena. Por lo tanto, es posible decir que el impacto de la utilización del mecanismo PP colaborativo será mayor en el primer nivel de la cadena de suministro conforme se incremente la variabilidad a un 200% y se mantenga constante el nivel de demanda en 110.

Tabla 71. Beneficios brutos. Escenario E₄₃.

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	107377.995	124493.12	13.748%
		2	40038.175	42238.9141	5.210%
		5	5116.561	5129.94072	0.261%
		6	5116.561	5129.94072	0.261%
		CS	157649.292	176991.915	10.929%

Tabla 72. Beneficios relativos. Escenario E₄₃.

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	4880.817959	5658.778172	13.748%
		2	5719.739286	6034.130582	5.210%
		5	5116.561	5129.940724	0.261%
		6	5116.561	5129.940724	0.261%
		CS	157649.2921	176991.9153	10.929%

Respecto a la Tabla 72, se observa que los beneficios relativos al coste unitario de los nodos N1, N2, N5 y N6 se mantienen equilibrados, con lo cual es posible decir que los resultados para cada nodo y la cadena completa son comparables.

- **Respecto al nivel de servicio.**

Las Figuras 105, 106, 107 y 108 representan la evolución de las diferencias porcentuales de los niveles de servicio y su evolución

promedio acumulada para el escenario E₄₃. Al igual que en el caso de los beneficios, a partir de estas figuras se observa que la evolución de los promedios acumulados se estabilizan para las 100 réplicas de simulación. Con esto, nuevamente, los datos de entrada que se consideran son representativos respecto a la variabilidad que éstos contemplan y, por lo tanto, es posible realizar análisis con ellos.

Para este escenario, según las figuras, se observa que el impacto es medianamente significativo en N1 producto de los niveles que presenta N2. También, es posible apreciar que las diferencias positivas aumentan respecto al escenario anterior E₃₃.

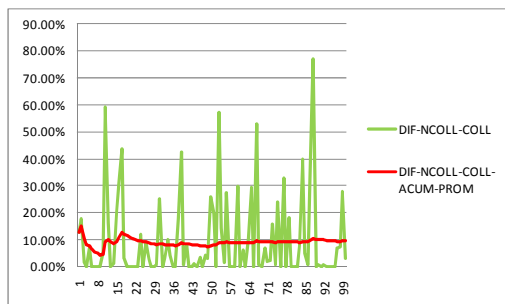


Figura 105. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N1 para E₄₃.

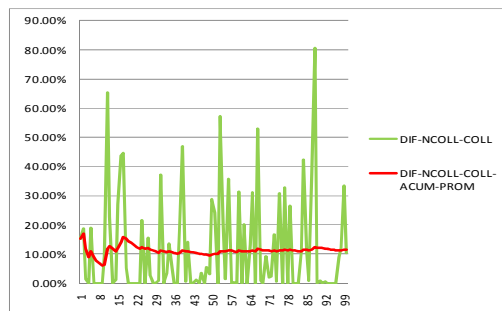


Figura 106. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N2 para E₄₃.

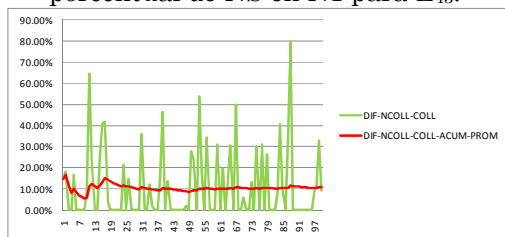


Figura 107. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N5 para E₄₃.

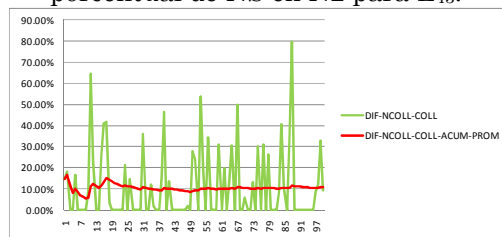


Figura 108. Evolución de la diferencia porcentual de NS en N6 para E₄₃.

Teniendo en cuenta las figuras de la evolución de los promedios acumulados de los niveles de servicio para el escenario E₄₃, es posible observar que la curva tiene la misma forma para los diferentes niveles. Esto implica que los nodos proveedores afectarán al nivel de servicio de los nodos clientes. Además, tal como se presenta en la Tabla 73, el escenario colaborativo presenta mejoras en todos los niveles. Especialmente en N2, donde éste se verá afectado por los requerimientos de su cliente y la respuesta de sus proveedores.

Tabla 73. Nivel de servicio. Escenario E₄₃.

			Variabilidad 200%		
			NCOL	COL	DIF
Nivel	110	1	88.86%	98.39%	9.694%
		2	86.79%	98.32%	11.730%
		5	88.15%	98.80%	10.780%
		6	88.15%	98.80%	10.780%
		CS	88.86%	98.39%	9.694%

7.4.4.3 RÉPLICA DE EJEMPLO PARA CICLO CARACTERÍSTICO DE ITERACIONES DE NEGOCIACIÓN PARA N100-V100

Con tal de demostrar la utilidad y aplicabilidad del mecanismo PP definido para soportar la colaboración entre los nodos de la cadena de suministro se presenta un ejemplo característico de demanda para un escenario específico. En este caso, el criterio de elección se basa en la consideración de un caso que se pueda definir como problemático. Es decir, un caso que ponga a prueba el modelo mediante la no consecución de soluciones inmediatas debido a los problemas propios de los nodos, por ejemplo de capacidad, pero sí conseguir soluciones mediante la generación iterativa de propuestas, incrementos de precios y maximización de los beneficios.

El escenario seleccionado ha sido el E_{32} , donde se tiene en cuenta una configuración del tipo N100-V100. Específicamente, la Figura 109 presenta el patrón de demanda de la réplica 71 de simulación. Tal como se observa, en gran parte del horizonte de planificación existirán problemas con la capacidad disponible de 100 respecto a los pedidos que se solicitan.

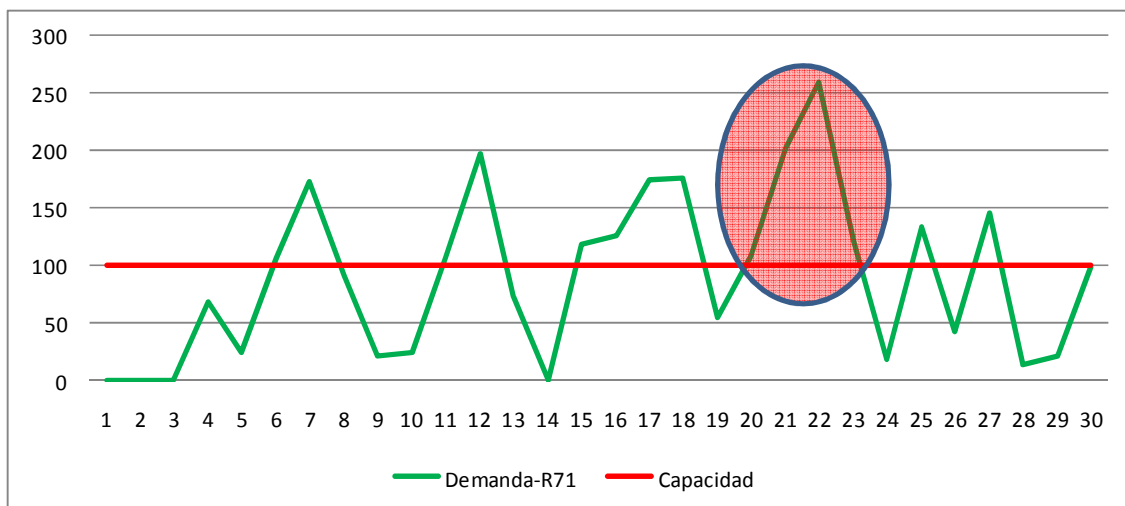


Figura 109. Patrón ejemplo de demanda para la réplica 71 en N100-V100.

Por lo tanto, a partir de la Figura 109 es esperable que la configuración de cadena de suministro no pueda resolver los problemas por sí misma bajo un entorno de tipo no-colaborativo pero, posteriormente, tras la generación, proposición y aceptación de propuestas y respuestas entre los clientes y proveedores de los diferentes niveles de la cadena se espera que el mecanismo PP propuesto sea capaz de llegar a una solución.

Para ilustrar esto, la Tabla 74 presenta la evolución de pedidos de los clientes y respuestas de los proveedores para el caso no-colaborativo, mientras que la Tabla 75 presenta el comportamiento del sistema multiagente de soporte al proceso de la planificación de la producción en la cadena de suministro de tipo árbol para el caso colaborativo. Estos resultados se generan en base a la consideración de la tabla LOG definida en el Capítulo 6.

Tabla 74. Réplica 71 de ejemplo en N100-V100. Proceso no-colaborativo.

Factor	Precio Venta	Emisor	Receptor	Concepto	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30		
1	66	0	N1	solicitud	0	0	0	68	24	107	173	91	21	25	107	197	73	0	119	126	175	176	55	108	202	259	121	18	133	43	146	14	21	98		
1	21	N1	N2	solicitud	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	121	51	100	89	100	14	21	98	0		
1	3	N2	N6	solicitud	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	100	72	100	89	100	14	21	98	0	0		
1	3	N2	N5	solicitud	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	100	72	100	89	100	14	21	98	0	0		
1	3	N6	N2	respuesta	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	
1	3	N5	N2	respuesta	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
1	21	N2	N1	respuesta	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	
1	66	N1	0	respuesta	0	0	0	68	24	107	173	91	21	25	107	197	73	0	119	126	175	176	55	108	155	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Tabla 75. Réplica 71 de ejemplo en N100-V100. Proceso colaborativo.

Factor	Precio Venta	Emisor	Receptor	Concepto	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
1	66	0	N1	solicitud	0	0	0	68	24	107	173	91	21	25	107	197	73	0	119	126	175	176	55	108	202	259	121	18	133	43	146	14	21	98
1.139631975	23.93227148	N1	N2	solicitud	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	121	51	100	89	100	14	21	98	0
1	3	N2	N6	solicitud	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	100	72	100	89	100	14	21	98	0	0
1	3	N2	N5	solicitud	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	100	72	100	89	100	14	21	98	0	0
....
1.036848148	3.110544444	N6	N2	respuesta	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	100	72	100	89	100	14	21	98	0	0
1.036848148	3.110544444	N5	N2	respuesta	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	100	72	100	89	100	14	21	98	0	0
1.139631975	23.93227148	N2	N1	respuesta	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	147	259	121	51	100	89	100	14	21	98	0
1.139631975	66	N1	0	respuesta	0	0	0	68	24	107	173	91	21	25	107	197	73	0	119	126	175	176	55	108	202	259	121	18	133	43	146	14	21	98

Para el periodo de la planificación de 30 periodos y teniendo en cuenta el patrón de demanda de la Figura 109 se observa que, en primera instancia, en el caso no-colaborativo los nodos proveedores no son capaces de absorber la demanda, mientras que el nodo N1 hace todos los intentos por utilizar horas extras con tal de cumplir con la demanda del cliente final (tal como definido en la Tabla 31). Por lo tanto, todas las respuestas se presentan con retrasos. Esto se combina con la evolución de los beneficios del caso NCOL de la Figura 110, donde el cambio a partir del beneficio ideal B_0 es bastante drástico en comparación con el beneficio B_1 , que se calcula en base a la primeras respuestas con retrasos (los detalles del mecanismo fueron detallados en las secciones de descripción del entorno y proceso del *Framework* de Zachman).

En contraste, la Tabla 75 presenta como los nodos clientes proponen soluciones a modo de incrementos de precio a los proveedores. En este caso, es posible ver que se llega a una solución para la cual el nodo N1 paga un 12,24% más del precio original y el nodo N2 paga un 4% más respecto al precio original. Cabe destacar que estos incrementos estarán influenciados por los márgenes de beneficio que se obtienen entre B_0 y B_1 según las magnitudes de los parámetros que se definen en la Tabla 31. Por lo tanto, en esta solución se observa que los nodos ya optan por utilizar horas extras con tal de ofrecer una solución aceptable a sus clientes. Al mismo tiempo, la Figura 109 en su sección COL muestra la evolución de los precios así como de los costes de retraso que consideran los nodos. El mecanismo PP, por tanto, fuerza a los nodos a evaluar la utilización de horas extras mediante la consideración de un coste elevado por retrasar. Si este coste genera beneficios mayores a los que se producen cuando se utiliza horas extras, los agentes decidirán seguir retrasando, hasta que el precio sea tal que los agentes opten por utilizar horas y cumplir con el pedido del cliente.

Caso no-colaborativo (NCOL)					Caso colaborativo (COL)				
Nodo	Iteracion	PrecioVenta	CosteRetraso	Beneficio	Nodo	Iteracion	PrecioVenta	CosteRetraso	Beneficio
1	1	66	68	118085.15	1	1	66	68	38913.82
2	1.1	21	2.1	37158.5	2	1.1	21	2.1	35168.7
6	1.1	3	0.3	5030.4	6	1.2	3	0.3	5030.4
5	1.1	3	0.3	5030.4	5	1.2	3	0.3	5030.4
2	1.1	21	2.1	35168.7	6	2.1	3.036848148	0.3	5030.4
1	1	66	68	38913.82	5	2.1	3.036848148	0.3	5030.4
				B_1	6	3.1	3.073696296	0.3	5030.4
					5	3.1	3.073696296	0.3	5030.4
					6	4.1	3.110544444	99999	5101.07
					5	4.1	3.110544444	99999	5101.07
					2	2.4	23.93227148	99999	44461.89
					1	2	66	68	110168

Figura 110. Réplica 71 de ejemplo en N100-V100. Beneficios para los casos NCOL y COL.

De acuerdo con este caso, se muestra la utilidad del mecanismo así como de las características principales que se tienen en cuenta para soportar el proceso de negociación en la cadena de suministro, esto teniendo en cuenta un enfoque colaborativo y descentralizado. Todos los ejemplos de los casos estudiados se presentan en el CD de ANEXOS de esta tesis.

7.4.4.4 EVOLUCIÓN DE BENEFICIOS

La evolución de los beneficios se presenta en base a los tres niveles de saturación definidos para la experimentación en el mecanismo PP soportado por los sistemas multiagente en la cadena de suministro colaborativa y descentralizada. Es decir, para los niveles de saturación 90, 100 y 110 se compara la evolución de los beneficios para cada variabilidad definida, 0%, 25%, 75%, 100% y 200%, en los nodos N1, N2, N5 y N6.

- **Respecto al nivel 90.**

Tabla 76. Evolución de beneficios NODO1 – N90.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO1-NCOL-N90	106650	106432.577	100884.021	95588.4122	89947.6445
NODO1-COL-N90	106650	106546.875	105146.133	103642.971	102534.662

Tabla 77. Evolución de beneficios NODO2 – N90.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO2-NCOL-N90	33750	33742.566	33522.7898	33278.48	33085.3206
NODO2-COL-N90	33750	33754.8835	34068.7583	34292.9333	34764.6533

Tabla 78. Evolución de beneficios NODO5 – N90.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO5-NCOL-N90	4590	4589.406	4542.112	4467.047	4352.038
NODO5-COL-N90	4590	4589.42765	4544.4032	4473.77185	4363.26572

Tabla 79. Evolución de beneficios NODO6 – N90.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO6-NCOL-N90	4590	4589.406	4542.112	4467.047	4352.038
NODO6-COL-N90	4590	4589.42765	4544.4032	4473.77185	4363.26572

Tal como se señala en las Tablas 76, 77, 78 y 79, la evolución de los beneficios para el nivel 90 se incrementa a medida que la variabilidad aumenta. Es decir, en este nivel el mecanismo PP colaborativo va generando mejores soluciones a los nodos según más complejo resulte para ellos resolver, por ejemplo, los pedidos inesperados o aquellos que sobrepasen la capacidad disponible de ellos. Esto se corrobora gráficamente en la figuras 111, 112, 113 y 114.

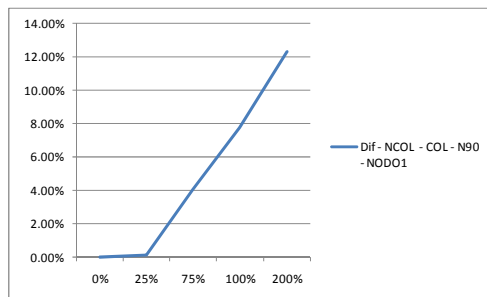


Figura 111. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO1 – N90.

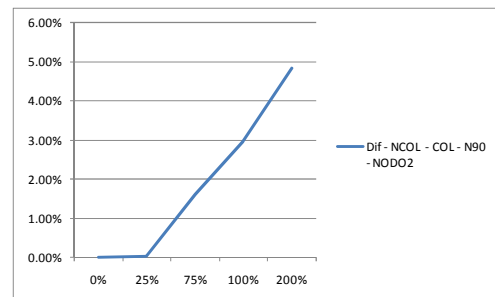


Figura 112. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO2 – N90.

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

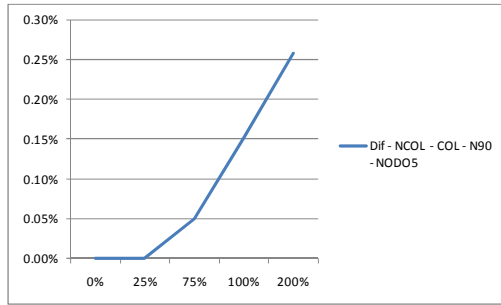


Figura 113. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO5 – N90.

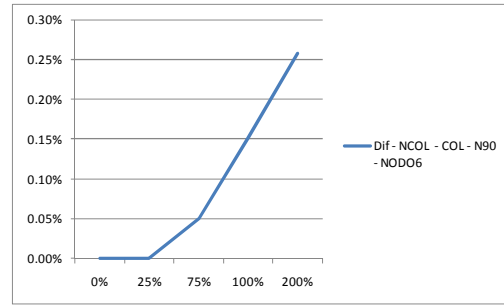


Figura 114. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO6 – N90.

- **Respecto al nivel 100.**

Tabla 80. Evolución de beneficios NODO1 – N100.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO1-NCOL-N100	118800	114216.953	107374.861	105160.193	97532.7547
NODO1-COL-N100	118800	117883.549	116435.095	115180.033	113990.098

Tabla 81. Evolución de beneficios NODO2 – N100.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO2-NCOL-N100	37800	37572.111	37197.956	37039.373	36602.8111
NODO2-COL-N100	37800	38054.8946	38362.1743	38343.3182	38688.9896

Tabla 82. Evolución de beneficios NODO5 – N100.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO5-NCOL-N100	5400	5322.682	5161.922	5079.332	4869.211
NODO5-COL-N100	5400	5325.70779	5168.31221	5087.4352	4885.61472

Tabla 83. Evolución de beneficios NODO6 – N100.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO6-NCOL-N100	5400	5322.682	5161.922	5079.332	4869.211
NODO6-COL-N100	5400	5325.70779	5168.31221	5087.4352	4885.61472

Tal como se señala en las Tablas 80, 81, 82 y 83, la evolución de los beneficios para el nivel 100, al igual que en el caso del nivel 90, se incrementa a medida que la variabilidad aumenta. Es decir, en este nivel el mecanismo PP colaborativo va generando mejores soluciones a los nodos según más complejo resulte para ellos resolver, por ejemplo, los pedidos inesperados o aquellos que sobrepasen la capacidad disponible de ellos. Esto se corrobora gráficamente en las figuras 115, 116, 117 y 118. No obstante, los incrementos para este caso son mayores, lo cual es atribuible a que la cadena de suministro ha sido diseñada para comportarse de manera óptima en los niveles de demanda promedio de 100 unidades por periodo, tal como se comprobó en la Tabla 33.

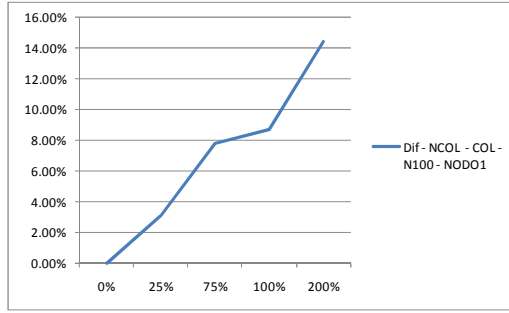


Figura 115. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO1 – N100.

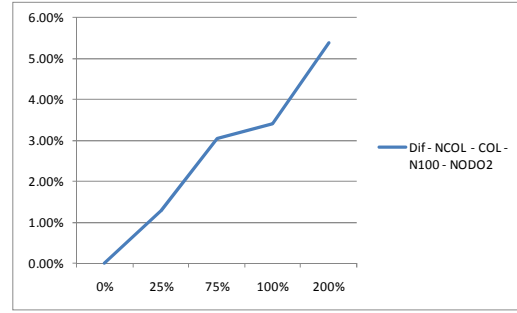


Figura 116. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO2 – N100.

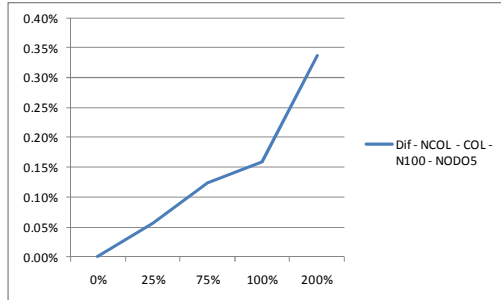


Figura 117. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO5 – N100.

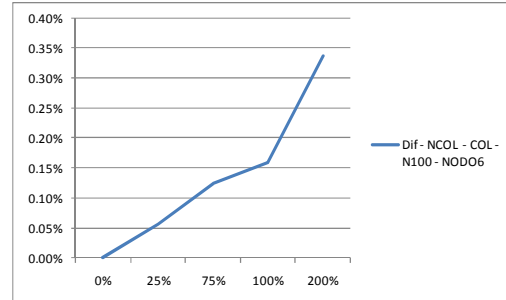


Figura 118. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO6 – N100.

- **Respecto al nivel 110.**

Tabla 84. Evolución de beneficios NODO1 – N110.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO1-NCOL-N110	130167	129557.789	121012.157	116805.67	107377.995
NODO1-COL-N110	130167	129901.761	127387.344	127028.167	124493.12

Tabla 85. Evolución de beneficios NODO2 – N110.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO2-NCOL-N110	41067	41045.1393	40707.0327	40488.495	40038.175
NODO2-COL-N110	41067	41085.2907	41555.7981	41822.9909	42238.9141

Tabla 86. Evolución de beneficios NODO5 – N110.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO5-NCOL-N110	5427	5424.37879	5356.543	5296.68061	5116.561
NODO5-COL-N110	5427	5424.56828	5360.98485	5305.97455	5129.94072

Tabla 87. Evolución de beneficios NODO6 – N110.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO6-NCOL-N110	5427	5424.37879	5356.543	5296.68061	5116.561
NODO6-COL-N110	5427	5424.56828	5360.98485	5305.97455	5129.94072

Tal como se señala en las Tablas 84, 85, 86 y 87, la evolución de los beneficios para el nivel 110, al igual que en el caso del nivel 90 y nivel 100, se incrementa a medida que la variabilidad aumenta. Es decir, en este nivel el mecanismo PP colaborativo va generando

mejores soluciones a los nodos según más complejo resulte para ellos resolver, por ejemplo, los pedidos inesperados o aquellos que sobrepasen la capacidad disponible de ellos. Esto se corrobora gráficamente en la figuras 119, 120, 121 y 122. No obstante, los incrementos para este caso son menores que los del nivel 110, lo cual es atribuible a que la cadena de suministro ha sido diseñada para comportarse de manera óptima en los niveles de demanda promedio de 100 unidades por periodo, tal como se comprobó en la Tabla 33. Por lo tanto, los agentes intentarán cumplir con la demanda mediante la utilización de horas extras, lo que implica una disminución de los beneficios.

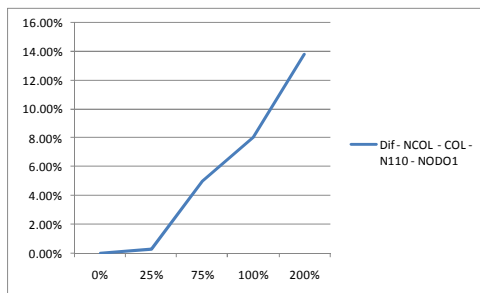


Figura 119. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO1 – N110.

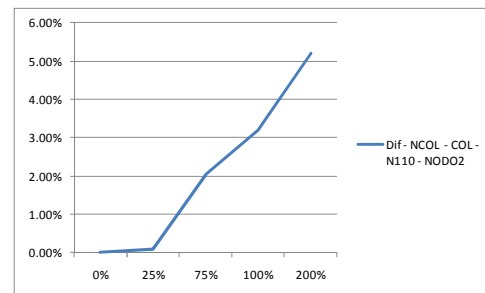


Figura 120. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO2 – N110.

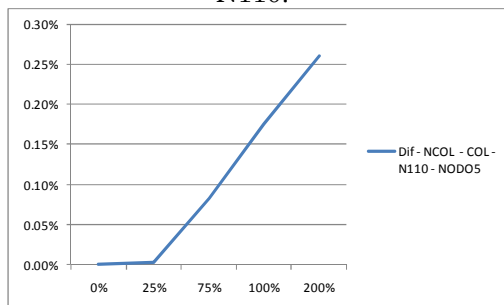


Figura 121. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO5 – N110.

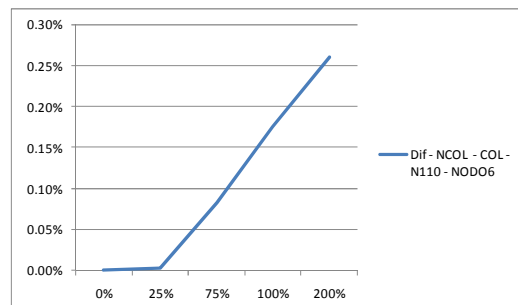


Figura 122. Evolución de las diferencias de los beneficios NODO6 – N110.

7.4.4.5 EVOLUCIÓN DE NIVELES DE SERVICIO

La evolución de los niveles de servicio se presenta en base a los tres niveles de saturación definidos para la experimentación en base al mecanismo PP soportado por los sistemas multiagente en la cadena de suministro colaborativa y descentralizada. Es decir, para los niveles de saturación 90, 100 y 110 se compara la evolución de los beneficios para cada variabilidad definida, 0%, 25%, 75%, 100% y 200%, en los nodos N1, N2, N5 y N6.

- **Respecto al nivel 90.**

Tabla 88. Evolución de NS NODO1 – N90.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO1-NCOL-N90	100%	99.87%	96.54%	93.37%	90.02%
NODO1-COL-N90	100%	99.95%	99.44%	98.87%	98.60%

Tabla 89. Evolución de NS NODO2 – N90.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO2-NCOL-N90	100%	99.85%	95.76%	92.18%	86.73%
NODO2-COL-N90	100%	99.95%	99.44%	98.83%	98.55%

Tabla 90. Evolución de NS NODO5 – N90.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO5-NCOL-N90	100%	99.92%	96.26%	93.05%	88.09%
NODO5-COL-N90	100%	99.96%	99.60%	99.02%	98.99%

Tabla 91. Evolución de NS NODO6 – N90.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO6-NCOL-N90	100%	99.92%	96.26%	93.05%	88.09%
NODO6-COL-N90	100%	99.96%	99.60%	99.02%	98.99%

Tal como se señala en las Tablas 88, 89, 90 y 91, la evolución de los niveles de servicio para el nivel 90, al igual que en el caso de los beneficios, se incrementa a medida que la variabilidad aumenta. Es decir, en este nivel el mecanismo PP colaborativo va generando mejores soluciones a los nodos según más complejo resulte para ellos resolver, por ejemplo, los pedidos inesperados o aquellos que sobrepasen la capacidad disponible de ellos. Esto se corrobora gráficamente en la figuras 123, 124, 125 y 126.

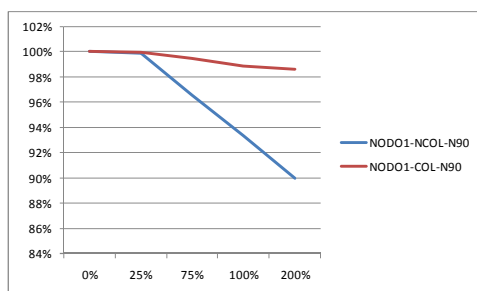


Figura 123. Evolución de NS NODO1 – N90.

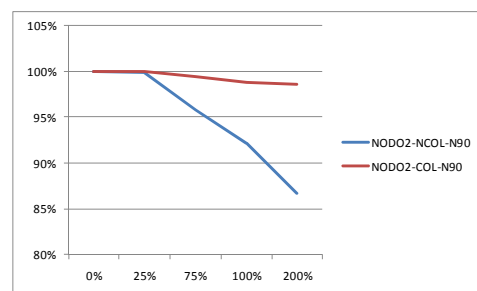


Figura 124. Evolución de NS NODO2 – N90.

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

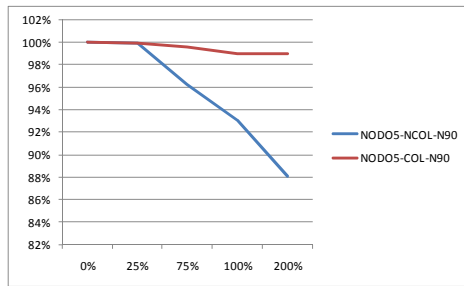


Figura 125. Evolución de NS NODO5 – N90.

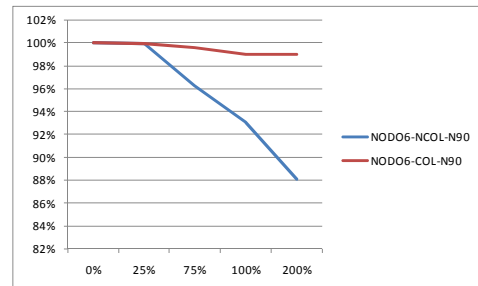


Figura 126. Evolución de NS NODO6 – N90.

• Respecto al nivel 100.

Tabla 92. Evolución de NS NODO1 – N100.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO1-NCOL-N100	100%	97.54%	93.90%	92.74%	88.70%
NODO1-COL-N100	100%	99.79%	99.46%	98.88%	98.80%

Tabla 93. Evolución de NS NODO2 – N100.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO2-NCOL-N100	100%	96.92%	92.50%	91.03%	86.57%
NODO2-COL-N100	100%	99.80%	99.45%	98.82%	98.71%

Tabla 94. Evolución de NS NODO5 – N100.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO5-NCOL-N100	100%	97.17%	93.35%	91.85%	87.59%
NODO5-COL-N100	100%	99.81%	99.59%	99.04%	98.76%

Tabla 95. Evolución de NS NODO6 – N100.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO6-NCOL-N100	100%	97.17%	93.35%	91.85%	87.59%
NODO6-COL-N100	100%	99.81%	99.59%	99.04%	98.76%

Tal como se señala en las Tablas 92, 93, 94 y 95, la evolución de los niveles de servicio para el nivel 100, al igual que en el caso del nivel 90, se incrementa a medida que la variabilidad aumenta. Es decir, en este nivel el mecanismo PP colaborativo va generando mejores soluciones a los nodos según más complejo resulte para ellos resolver, por ejemplo, los pedidos inesperados o aquellos que sobrepasen la capacidad disponible de ellos. Esto se corrobora gráficamente en las figuras 127, 128, 129 y 130. No obstante, los incrementos para este caso son mayores, lo cual es atribuible a que la cadena de suministro ha sido diseñada para comportarse de manera óptima en los niveles de demanda promedio de 100 unidades por periodo, tal como se comprobó en la Tabla 33.

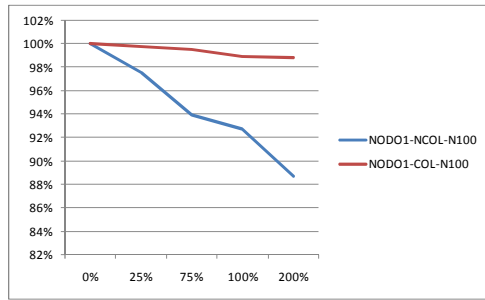


Figura 127. Evolución de NS NODO1 – N100.

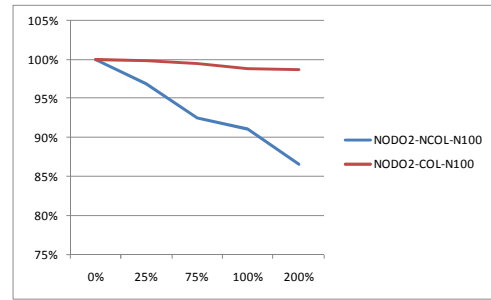


Figura 128. Evolución de NS NODO2 – N100.

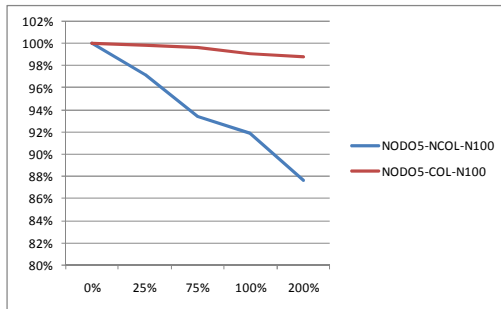


Figura 129. Evolución de NS NODO5 – N100.

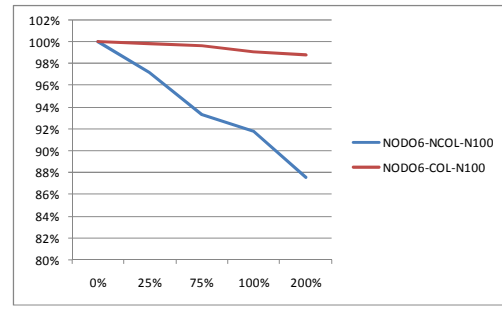


Figura 130. Evolución de NS NODO6 – N100.

- **Respecto al nivel 110.**

Tabla 96. Evolución de NS NODO1 – N110.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO1-NCOL-N110	100%	99.70%	95.50%	93.44%	88.86%
NODO1-COL-N110	100%	99.89%	99.05%	99.14%	98.39%

Tabla 97. Evolución de NS NODO2 – N110.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO2-NCOL-N110	100%	99.65%	94.60%	91.69%	86.79%
NODO2-COL-N110	100%	99.89%	99.01%	99.08%	98.32%

Tabla 98. Evolución de NS NODO5 – N110.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO5-NCOL-N110	100%	99.71%	95.28%	92.40%	88.15%
NODO5-COL-N110	100%	99.89%	99.22%	99.25%	98.80%

Tabla 99. Evolución de NS NODO6 – N110.

	0%	25%	75%	100%	200%
NODO6-NCOL-N110	100%	99.92%	96.26%	93.05%	88.09%
NODO6-COL-N110	100%	99.96%	99.60%	99.02%	98.99%

Tal como se señala en las Tablas 96, 97, 98 y 99, la evolución de los niveles de servicio para el nivel 110, al igual que en el caso del nivel 90 y nivel 100 se incrementa a medida que la variabilidad aumenta. Es decir, en este nivel el mecanismo PP colaborativo va generando mejores soluciones a los nodos según más complejo resulte para ellos resolver, por ejemplo, los pedidos inesperados o aquellos

que sobrepasen la capacidad disponible de ellos. Esto se corrobora gráficamente en la figuras 131, 132, 133 y 134. No obstante, los incrementos para este caso son menores que los del nivel 110, lo cual es atribuible a que la cadena de suministro ha sido diseñada para comportarse de manera óptima en los niveles de demanda promedio de 100 unidades por periodo, tal como se comprobó en la Tabla 33. Por lo tanto, los agentes intentarán cumplir con la demanda mediante la utilización de horas extras pero no podrán sobrepasar sus límites propios, en dicho caso se requeriría de un diseño de cadena de suministro diferente.

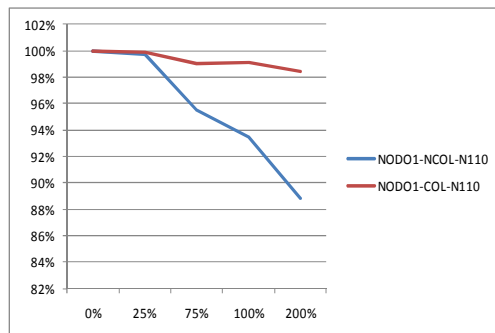


Figura 131. Evolución de NS NODO1 – N110.

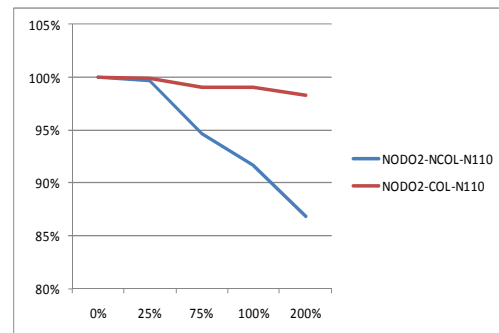


Figura 132. Evolución de NS NODO2 – N110.

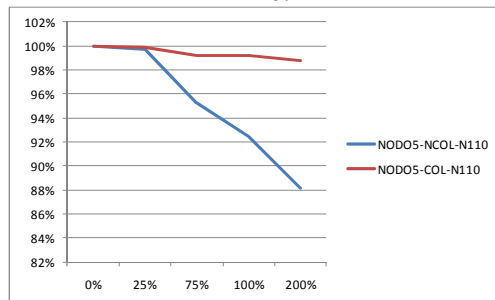


Figura 133. Evolución de NS NODO5 – N110.

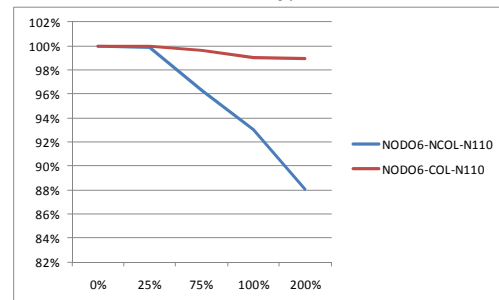


Figura 134. Evolución de NS NODO6 – N110.

7.4.5 ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA VARIABILIDAD Y SATURACIÓN SEGÚN CADA ESCENARIO EN LA CADENA DE SUMINISTRO

A modo de resumen, esta sección presenta la evolución de los beneficios y niveles de servicio para cada nivel de carga según todas las variabilidades de la demanda consideradas para la cadena de suministro de tipo árbol. Así mismo, se hace la comparación entre las perspectivas colaborativas y no-colaborativas.

- **Respecto de la cadena de suministro para todos los niveles y variabilidades.**

Tabla 100. Evolución de la diferencia de los beneficios de la cadena de suministro.

	0%	25%	75%	100%	200%
CS-DIF-NCOL-COL-N90	0.000%	0.085%	3.245%	6.183%	9.785%
CS-DIF-NCOL-COL-N100	0.000%	2.494%	6.199%	6.927%	11.435%
CS-DIF-NCOL-COL-N110	0.000%	0.211%	4.026%	6.450%	10.929%

En los apartados anteriores se ha evidenciado que el mecanismo propuesto de planificación de producción colaborativa aporta incrementos de beneficios a todos los nodos participantes. La Tabla 100 y la Figura 135 resumen los resultados obtenidos para cada escenario de nivel de carga y variabilidad de la demanda. Se observa que el nivel de carga 100 (que equivale a una saturación del 100%) proporciona mayores mejoras respecto a los niveles de saturación inferiores y superiores. En segundo lugar, se sitúa el nivel de carga 110 (que equivale a una sobresaturación) y, finalmente, el nivel de carga 90 (que equivale a una infra-saturación). Con estos resultados se puede concluir que una red colaborativa obtendrá las mayores diferencias de beneficios respecto a una situación de no-colaboración, a medida que aumente el porcentaje de variabilidad de la demanda, haciéndose más ostensible la diferencia con altos porcentajes de variabilidad.

En relación a los diferentes niveles de saturación, se observa que la mayor diferencia de beneficios entre el sistema colaborativo y el no-colaborativo aparece para niveles de saturación cercanos al 100%, que son los propicios para que el mecanismo de colaboración consiga aproximarse a la solución óptima de utilización de todos los recursos. En los niveles de saturación superiores al 100% se alcanza una diferencia de beneficios algo menor, debido a la penalización que suponen las soluciones con sobresaturación de partida. Mientras que en los niveles de saturación inferiores al 100% se alcanza la menor diferencia debido a que el sistema no-colaborativo tiene un margen para alcanzar soluciones suficientemente buenas, aunque siempre superadas por el sistema colaborativo.

Capítulo 7 – Aplicación de la arquitectura propuesta a una cadena de suministro de tipo árbol

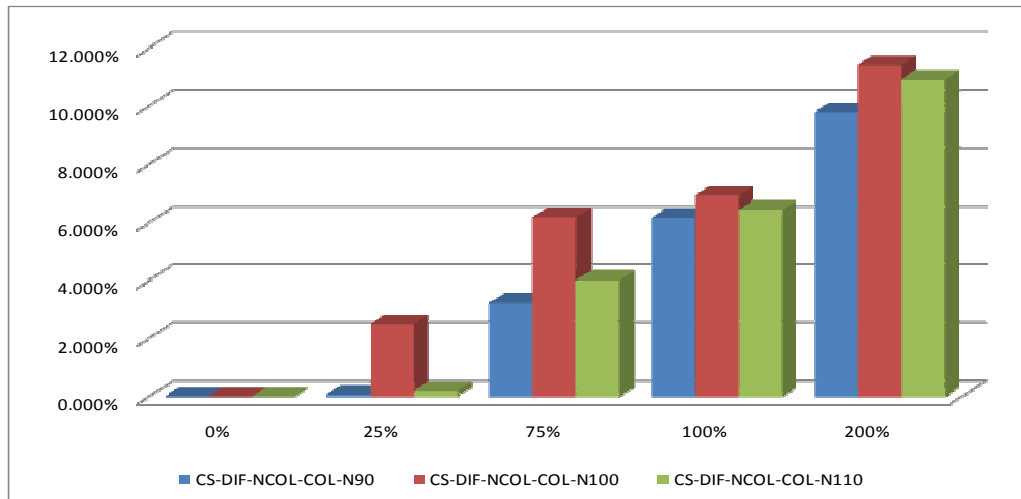


Figura 135. Evolución de la diferencia de los beneficios de la cadena de suministro.

- Respecto a la cadena de suministro para todos los niveles y variabilidades.

Tabla 101. Evolución de la diferencia de los NS de la cadena de suministro.

	0%	25%	75%	100%	200%
CS-DIF-NCOL-COL-N90	0.000%	0.079%	2.924%	5.558%	8.706%
CS-DIF-NCOL-COL-N100	0.000%	2.253%	5.588%	6.214%	10.218%
CS-DIF-NCOL-COL-N110	0.000%	0.193%	3.586%	5.750%	9.694%

Tal y como se vio en el análisis de cada nodo, la aportación al incremento de los niveles de servicio es siempre positiva para los diferentes niveles de variabilidad de la demanda. Respecto a los beneficios, tanto en la Tabla 101 como en la Figura 136 se observa que, debido al diseño de la cadena de suministro, el nivel 100 siempre generará las mejoras mayores respecto a las demás, al igual que ocurría con el caso de los beneficios. Es decir, se presenta un comportamiento homogéneo tanto en los beneficios como en el nivel de servicio. Por lo que, igualmente se situarán las soluciones que se vinculan con los escenarios de nivel 110 para, finalmente, los de nivel 90. Esto es posible interpretarlo dado que para niveles inferiores de la capacidad disponible por periodo las situaciones problemáticas serán menores y, por tanto, no existirá una gran diferencia entre la perspectiva colaborativa y la no-colaborativa. En contraste, el nivel 110 ya genera problemas a los nodos por defecto. Esto implicará que los agentes y, por tanto, los nodos tenderán a utilizar un mayor número de horas extras con tal de llegar a una solución

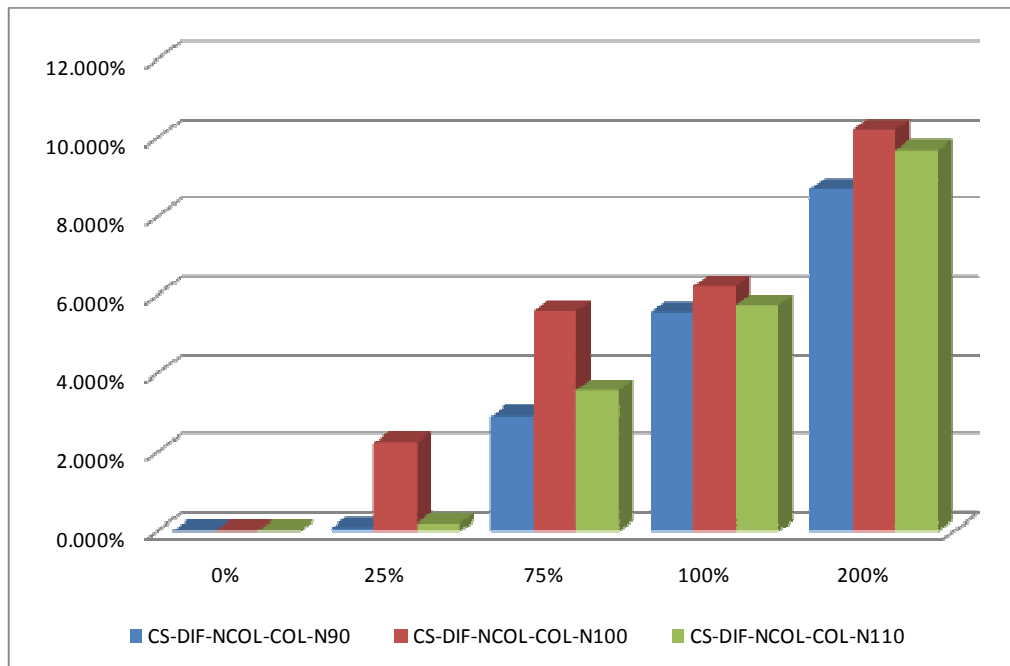


Figura 136. Evolución de la diferencia de los NS de la cadena de suministro.

7.5 CONCLUSIONES

El presente capítulo ha presentado la aplicación de una herramienta para soportar la planificación de la producción colaborativa basada en sistemas multiagente. En base a esto se ha podido facilitar el proceso de planificación de la cadena de suministro bajo un contexto descentralizado. Teniendo en cuenta que la planificación de la producción colaborativa descentralizada considera la identificación de nodos colaborativos y no-colaborativos, el mecanismo de planificación establece que las interacciones, o negociaciones, entre clientes y proveedores podrán encontrar una solución en caso de aceptar la colaboración entre ellos, o se podrá reducir a una interacción de pedido-respuesta en caso que no exista colaboración. El modelo de cadena de suministro en la que se ha basado la propuesta ha demostrado su utilidad para modelar configuraciones complejas de cadenas de suministro. Además, se ha demostrado que la mejora, el pensamiento como un proceso de negociación colectiva, en el nivel de suministro de los beneficios de la cadena se puede lograr.

Respecto a los resultados obtenidos con las experimentaciones, cabe destacar que se han considerado 15 escenarios con tal de combinar los niveles de variabilidad y saturación de la demanda según las capacidades disponibles de los nodos. Además, cada caso ha tenido en cuenta la experimentación bajo la perspectiva colaborativa y no-colaborativa. Adicionalmente, cada uno de estos 30 casos que se ha estudiado, se ha sometido a 100 réplicas de simulación para probar los diferentes patrones de demanda en cada escenario. Por lo cual, para verificar y validar la herramienta, sus resultados, la aplicación de los sistemas multiagente a entornos de cada de suministro colaborativos y descentralizados, así como la utilidad de considerar mecanismos colaborativos para soportar el proceso de

la planificación de la producción se han desarrolla un total de 30.000 simulaciones.

En base a los resultados obtenidos, se concluye que la perspectiva colaborativa siempre generará mejores soluciones que la perspectiva colaborativa. No obstante, las mejoras estarán relacionadas con lo cerca que se encuentre la configuración del escenario propuesto con el diseño de la cadena de suministro, por ejemplo en cuanto a sus capacidades disponibles. Más concretamente, se ha comprobado como los escenarios de nivel de carga 100 generan mejores soluciones que los de nivel 110, y éstos a su vez generan mejores soluciones que los de nivel 90. Por lo tanto, además del escenario base, es posible interpretar que mientras más al límite se pone el sistema, el escenario colaborativo actuará mejor hasta considerar un nivel dentro los límites de las capacidades de los nodos de la cadena de suministro. En los límites colindantes (nivel 90 y nivel 110) las mejoras serán menores en cuanto a su magnitud.

El proceso descentralizado se ha soportado por un proceso de negociación que tiene en cuenta las restricciones de capacidad de los nodos. No obstante, estas restricciones de capacidad no se comunican al resto de los nodos de la cadena de suministro, ya que cada nodo debe interpretar las respuestas para hacer una estimación de las limitaciones de capacidad que el nodo proveedor podría tener y, por lo tanto, para resolver esto, se le ofrece un incremento de precio, alcanzando de ese modo, las ventajas de un procedimiento centralizado, pero sin las desventajas que este proceso implica, como es la comunicación, la disponibilidad y el intercambio de información entre los nodos.

Finalmente, las contribuciones principales de la propuesta para apoyar el modelado de procesos de colaboración se han demostrado en base a la ejecución de experimentos y la obtención de unos resultados coherentes. Para ello, bajo una perspectiva colaborativa se han simulado diferentes tipos de patrones de demanda para una cadena de suministro de tipo árbol con el consiguiente incremento de los niveles de servicio y beneficios de los nodos y de la cadena completa respecto a la perspectiva no-colaborativa.

REFERENCIAS

1. Dudek G., H. Stadtler, Negotiation-based collaborative planning in divergent two-tier supply chains, *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 2, 2007, p. 465 -484.
2. Hernández J.E, R. Poler, J. Mula, An Interoperable enterprise architecture to support decentralized collaborative planning processes in supply chain networks, in: *Enterprise Interoperability IV* Springer (Ed.), 2010, p. 213-224.
3. Jung H., F.F. Chen, B. Jeong, Decentralized supply chain planning framework for third party logistics partnership, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 55, 2008, p. 348–364.

4. Mula, J. (2004). Modelos para la planificación de la producción bajo incertidumbre. Aplicación en una empresa del sector del automóvil. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
5. Sadeh N.M, D.W. Hildum, D. Kjenstadand, A. Tseng, MASCOT: An Agent-Based Architecture for Coordinated Mixed-Initiative Supply Chain Planning and Scheduling, Third International Conference on Autonomous Agents (Agents '99), Workshop on Agent-Based Decision Support for Managing the Internet-Enabled Supply Chain, 1999, Seattle, US.
6. Soosay C.A., P.W. Hyland, M. Ferrer, Supply chain collaboration: capabilities for continuous innovation, Supply Chain Management: An International Journal, Vol 13, No. 2, 2008, p. 160-169.
7. Wadhwa S., Bibhushan, A. Prakash, Service Performance of Some Supply Chain Inventory Policies Under Demand Impulses, Studies in Informatics and Control, Vol. 17, No. 1, 2008, p. 45-56.

CONCLUSIONS AND FUTURE
RESEARCH LINES

CHAPTER 8

8

INDEX – CHAPTER 8

8. CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH LINES	715
8.1 Introduction.....	715
8.2 State of the art	715
8.2.1 Collaborative processes	715
8.2.2 Enterprise business modelling process.....	718
8.2.3 Multiagent systems.....	719
8.3 The proposed conceptual model for collaborative processes in supply chains.....	721
8.4 The architecture proposal for collaborative processes in supply chains.	722
8.5 Designing and implementing a tool for a production planning process in a tree-type supply chain.....	724
8.6 Applying and experimenting with the multiagent system-based tool in a tree-type supply chain.....	725
8.7 Future research lines	728
Bibliography	736

8. CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH LINES

8.1 INTRODUCTION

This last chapter presents the conclusions drawn from the work done from the proposed models and state-of-the-art perspective to support collaborative production planning in supply chains. This chapter is set out as follows: firstly, the contributions made by the states of the art and the developed conceptual modelling are analysed; secondly, the proposed architecture theme and its application are dealt with; thirdly, the results and the behaviours of the nodes in the experimented supply chain are summarised. Finally, the main future research lines based on this doctoral thesis are presented.

8.2 STATE OF THE ART

First of all, a state of the art has been developed in relation to supply chain collaborative processes for the purpose of determining the key elements to be considered in supporting these collaborative processes and in verifying the incidence that different supply chain topologies have on them. Next, the bibliographic review is continued from the viewpoint of business modelling in the supply chain from a conceptual and collaborative perspective to know the architectures, modelling languages and business modelling standards that can help support the development of the architecture proposal. Finally, a state of the art is developed for the use and application of multiagent systems to model supply chain management processes from a collaborative perspective.

8.2.1 COLLABORATIVE PROCESSES

These processes have focussed on planning, forecasting and replenishment in the supply chain. This has led to knowledge of which important aspects are to be taken into account to support collaborative processes, these being: information interchange, supply chain planning and management, organisation and configuration of nodes. In the last case, many typologies have been found in the literature, but it is difficult to find a generic structure or topology that can cover most of the problems relating to supply chains. Nevertheless, six topologies have been defined to help provide a better vision of what a supply chain is: dyadic, wheel, sequence, hierarchical, tree and network.

Nonetheless, and in general terms, it is also possible to note that most of the reviewed proposals mention a generic supply chain typology. In other words, a topology that defines a large number of nodes to be able to put forward solutions to problems which prove useful for simpler (or less complex) configurations. For these complexities, collaborative scenarios are considered which help mitigate the possible conflicts that nodes may present. These scenarios address two forms: centralised or decentralised. In the former, the supply chain nodes are willing to share the information required to support the process, for instance, planning. Moreover, this type

of address contemplates, in most cases, the use of a central node, which tends to be known as a virtual firm. This is in charge of establishing the information requirements needed to carry out the planning processes, or even the corresponding forecasting. The decentralised perspective, on the other hand, is based on each node being in charge of its own collaborative processes, and of identifying which supply chain nodes it is interested in collaborating with and exchanging information with, which could be of a total or partial kind depending on the level of collaboration involved.

In this way, it has been seen that most of the configurations supporting collaborative processes are of the customer, manufacturer and supplier type. Should joint (or collaborative) planning be the case, nodes interchange demand plans as input information for each node. Based on this, it would be possible to, for example, support the decision-making processes in nodes by considering much more accurate information than if information was not interchanged in order to support collaboration in the chain. The main objective is that nodes can increase their profits both individually and globally as a chain.

As regards studying the collaborative planning process, it can be emphasised that this process is generally characterised by finding points in common among the different plans restricted to the different nodes belonging to the supply chain (independently of the topology to which the nodes pertain). Information interchange is mainly be the corner stone that supports this process, which considers reaching agreements like the main activity of increasing profits regardless of it being from the nodes, the entire chain, or both. Thus, collaborative planning is achieved according to an appropriate interchange of, for instance, production plans with the idea of tackling each planning problem as the complete chain's planning sub-problems. Hence, when considering the chain nodes' heterogeneous characteristics, it is also noted that discrepancies among the nodes in a collaborative planning setting are seen as something natural to bear in mind. This is due to the competitive characteristics that each chain node considers. Therefore, the collaborative planning process is a process which contemplates these conflicts during the nodes' planning process.

Given all this, and considering the different behaviours that can be found in a supply chain, it is necessary to visualise the collaborative planning process as both a global and individual viewpoint. Therefore, the collaborative planning process can help cut costs in the complete chain and can increase individual nodes' profits.

Likewise, collaborative planning is not a process that is completely understood and incorporated by the participants in a supply chain within a collaborative setting. This is because its interpretations can be many and varied. Given this scenario, the notion of collaborative planning being that in which nodes, for example, customers and suppliers, is suggested after considering the combined generation of its plans to produce forecasting processes and more suitable strategic configurations to increase profits and to cut costs. Thus, in general, it can be stated that collaborative planning

involves a joint decision-making process. In this context, collaborative planning can help the coordination processes relating to nodes' decisions to increase efficiency in their processes. In most cases, this coordination is achieved in accordance with a negotiation process among the nodes which is supported by synchronising the nodes' demand plans (nodes in the same chain or in different chains) where there is, for example, a flow of shared products.

Nevertheless, although the collaborative planning process helps coordination among the nodes' demand plans, and also implies achieving improvements in production planning processes, it is important to stress that forecasting and replenishment processes which consider this collaborative planning perspective are still processes, whose problems must be dealt with separately in the supply chain management context. Both these processes not only contemplate information interchange, but also the combination of interchanged information. This involves considering common factors for the treatment (or processing) of interchanged information, with which it has been seen that an independent study into collaborative forecasting and replenishment processes is necessary.

Unlike documentation on the collaborative planning process, that on collaborative forecasting studies has been found to be scarce. So the majority of authors consider that basic knowledge is the fact that firms require exact forecasting to adjust to customers' future orders and to overcome any sources of uncertainty. In the collaborative context, forecasting is achieved based on a mutual agreement among the nodes (for instance, manufacturer and supplier) so that both parties interchange information to calculate and adjust their forecasting. Everything relating to collaborative forecasting is found as a sub-study or an analysis of collaborative planning problems. In this way, the collaborative forecasting objective has been seen to not only improve forecasting accuracy, but also to establish the corresponding links between internal and external information to improve supply chain behaviour. Collaborative forecasting helps improve the control and efficiency of supply chain management to obtain rapid responses when faced with possible changes in demand patterns, reducing inventories and, in short, improving service levels.

On the other hand, studies into collaborative replenishment are scarce if compared with the rest of the studied processes. This is mainly due to replenishment problems, which are closely connected to the problems encountered in controlling inventories; thus, the collaborative replenishment theme becomes a subtheme of the CPFR theory. Most authors have based their works on the fact that firms need to manage stocks to respond to demand variations and to overcome any sources of uncertainty. In the collaborative context, replenishment is achieved based on an agreement reached among the supply chain entities in such a way that the involved nodes interchange information to adjust their orders. Similarly, everything relating to collaborative replenishment is found, as in collaborative forecasting, to be connected to a sub-study into a series of

collaborative planning problems, and does not completely focus on replenishment problems.

Finally, it can be stated that, in general, collaborative processes are needed by supply chain nodes to favour the integration of: information flows, products flows, transport flows, decision-making processes, and maximising profits. To go about this, it is important, on the one hand, to favour the collaborative practices in the different supply chain processes and, on the other hand, to establish suitable mechanisms of action to make full use of the benefits and advantages that collaborative practices offer. It is particularly important to make them last over time by considering the evolution and continuous changes in the behaviour of nodes and in the business setting. So apart from establishing or identifying the most adequate topology, as several of the studied authors have mentioned, it is also important to conceptualise processes, to establish suitable architectures and, consequently, to promote the integration of processes and information flows according to the use of information technologies. Ideally, these should be as flexible and robust as possible to favour the continuous management of the changes taking place in supply chain management processes.

8.2.2 ENTERPRISE BUSINESS MODELLING PROCESS

The bibliographic business modelling study included reviewing business models and understanding the business concept. The majority of business models aim to jointly and comprehensively model each node's different systems and processes.

On the one hand, and given that, in general, architectures consider wide applications, and as these firms also prove (in essence) complex to analyse and to model, contemplating Frameworks to support these business architectures is becoming an increasingly widely used practice to support business modelling. This is because a Framework provides the tools and methods needed to focus the efforts made on the firm's most relevant and critical aspects (its resources, information, processes, flows, etc.).

It is also noted that most authors contemplate an overall proposal to define architectures or business frameworks. On the other hand, and in terms of using a business framework, generally most authors tend to create, or generate, their architectures without using a basic framework but centre, instead, on identifying the main elements related to their conceptual representation. The most frequently considered business frameworks are CIMOSA and Zachman. The latter has been more widely accepted in the business world. Hence, there is a clear tendency to establish collaborative processes by defining layers and by identifying the most relevant information to be exchanged.

Furthermore, the collaborative consideration employed by the authors to a greater extent is of a centralised kind. So it is that their works contemplate a central element destined to collect the main information elements to subsequently distribute requirements, decisions and

information to the other chain nodes in accordance with the collaboration mechanisms. In the vast majority of cases, the impact of the restrictions linked to information flow in collaborative settings is of the direct type. These restrictions relate with information accessibility and the updating and interchange of this information among chain members in such a way that, for example, the continuous evolutions that settings and markets undergo, and in which chain members are restricted, are taken into account.

Therefore, it is necessary to bear in mind the setting and, therefore, the supply chain configuration or topology as regards the flows and restrictions relating to the information shared among supply chain members. Accordingly, the next subsection presents the current contributions that the authors consider for business modelling in supply chain collaborative processes in accordance with a collaborative perspective of the information exchanged among the supply chain members.

The fact that there are two key elements to support the four main business modelling components stands out, these being robustness and decisions. This implies that robustness plays a basic role in supporting the integration of collaborative processes into the supply chain, mainly due to it implying a greater and constant scalability in time, thus favouring the decisions involved in the different resources belonging to supply chain members. So it is that business modelling entails four generic meta-elements which may be considered to support the integration of business processes into the supply chain. These elements are: the modelling language, which supports the formal and standard generation of models and, therefore, their interchange among members; the decision level, which enables data flows to be interpreted as information sources or restrictions for business processes from the perspective of temporal integration into the supply chain; supply chain topologies, which help identify the different configurations to which information flows are submitted and, therefore, implies understanding the repercussions of the supply chain information and restrictions, and of chain members; and finally, business frameworks, which identify the patterns and lines to be followed to, on the one hand, understand the modelling domain and the business setting and, on the other hand, to provide the foundations to support flows and business processes according to the different languages and standard business processes used to support collaboration in the supply chain.

8.2.3 MULTIAGENT SYSTEMS

The bibliographic review has helped verify that the application of multiagent systems (MAS) is broad and diverse. Besides, the number of references found in the literature is constantly changing.

Agents are entities which include four differentiating factors to the already known objects, these being: autonomy, sociability, reactivity and pro-activity. Thus, an agent represents the skill of undertaking autonomous tasks, and of developing reasoning's to address the domain. An agent is any entity able to perceive its setting using sensors that are capable of capturing

and communicating the information in the setting. In this manner, should agents be encountered in a dynamic, complex system, they are considered autonomous, and capable of perceiving and interacting in this setting. For this reason, agents fulfil a series of objectives or tasks for which they have been designed as being a persistent software unit dedicated to a specific purpose. An agent is distinguished from a subroutine by being persistent. Agents, therefore, have their own guidelines as to how to carry out their tasks.

In terms of supply chain definitions and the application of MAS to them, most works consider a conceptual definition of supply chain modelling by mainly identifying the related modelling languages, as well as the technologies supporting information flows and, therefore, the agents' decision-making processes. In this way, most representations consider a strategic-tactical decision level, and they consider the operational decision level separately.

Most authors, using a definition of the setting, or domain, define their main needs and, consequently, they establish the agents that support the problems dealt with. They go about this by applying artificial intelligence principles, where communities of agents support these communication mechanisms. Chiefly, communities of agents are considered to be all those entities available for use given a specific requirement. The types of agents detected are those capable of interpreting the information and of making decisions about this information, and those that merely do the task of collecting and sending data. So irrespectively of the agent type considered, agents must comply with the characteristics of their behaviours and roles. This helps both individual and setting objectives to be met.

Moreover, it has been observed how the creation of methodologies and architectures efficiently supports the development of supply chain modelling based on agents. One of the important characteristics is that it enables the generation of versatile and compatible models with the different chain topologies that can be contemplated. Indeed, different topologies can also be regarded from agent-based perspectives like MAS, and also as centralised and decentralised collaborative models. For these cases, agents are presented as ideal technologies to support collaborative processes modelling in different chain topologies.

Finally the supporting collaborative processes in different topologies, in accordance with the MAS perspective, have been identified as collaboration in agents-based decision making which may facilitate not only modelling, but also the generation of messages coordinated among the various chain entities. To go about this, the different behaviours and roles in the chain are taken into account. Basically, MAS is presented as an advantageous tool in decentralised collaborative settings. In this way, supply chain management, with the support of MAS, could consider generating a series of generic prototypes ready to be applied to any setting. Furthermore from this collaborative settings perspective, it is possible to assess situations relating to the collaboration level required and the

minimum requirement needed to meet each agent's personal objectives by bearing in mind the self-interested sense that each agent considers by default.

8.3 THE PROPOSED CONCEPTUAL MODEL FOR COLLABORATIVE PROCESSES IN SUPPLY CHAINS

This work has developed a reference model for conceptual modelling in production planning processes. To go about this, definitions and concepts relating to the development of conceptual models and the considerations to bear in mind have been studied. In line with this, a conceptual modelling methodology has been proposed based on seven phases (visualising, analysing, conceptualising, modelling, validating, correcting and proposing). These seven phases establish conceptual modelling requirements and foundations. Later, this methodology is applied to the production planning modelling domain. Studying this domain involves identifying the entities related with the business processes associated with the firm (internal entities, additional internal entities and external entities), as well as defining the developer team and the work team. Applying this methodology generates certain documents which support the domain description in accordance with the products and information flows, and the relating decisions, and also identifies the modelling tools which address the construction of conceptual models. Finally, the methodology proposes a document with improvement proposals which includes a summary of the critical factors obtained while the methodology was being developed.

From the work conducted, it is concluded that at least the following aspects need to be considered when developing a conceptual model:

- Defining the type of modelling language; that is, whether it is informal, semi-formal, formal.
- Detecting the main aspects of the series of problems to be studied to correctly obtain requirements and to develop the conceptual model.
- Defining the context.
- Defining the objectives, attributes and the relations to be considered.
- Establishing a static or dynamic perspective of the domain.
- Establishing definitions.
- Developments in initial high quality modelling phases to avoid costly corrections in later modelling phases.
- Detecting and applying modelling techniques.
- Using and combining modelling tools.
- Establishing communication with users.
- Documenting and describing relevant aspects of the domain.

The ultimate purpose of these aspects is to suitably capture requirements and for users to understand the model to help them in the correction and validation phases.

It is important to point out that to construct or devise a model of any kind (conceptual in this case), it is necessary to establish the order in which it is to be built. This order is directed to establish communication with the firm's entities and to capture their interests and needs. Studying the already existing documentation in the firm is also considered, as is the generation of new documentation that acts as a means of communication between the users and the work team members.

Reference conceptual modelling linked to the production planning process contemplates three related and important flows: products, information and decisions. The products flow supplies information and activates the other flows from the needs of the firm's entities linked to the products flow processes.

Depending on the context, flows consider different factors, which are also linked. The main links are determined by how the products flow interacts with the other flows (information and decisions) by means of users' requirements. The products flow interacts with the information flow via interfaces, and permits the user to filter their requirements and the information the user is supplied with in the best way. The connection between products flow and decisions flow is established by the requirements that must be met, for which the corresponding decisions should be made in terms of the information obtained.

8.4 THE ARCHITECTURE PROPOSAL FOR COLLABORATIVE PROCESSES IN SUPPLY CHAINS

This chapter has developed a reference architecture based on Zachman's Framework to support the order of the different proposed architecture's elements from the standard viewpoint. For this purpose, special care has been taken to develop it because, from the 3-level modelling perspective considered (conceptual, logical and technological), the inputs and outputs of each block, interrelated with others at the same level or at different levels, must come over very clearly. Therefore, a modelling methodology of collaborative processes in supply chains has been established from the decentralised perspective. For this purpose, the definitions and concepts relating to the development of conceptual models in supply chains have been studied, as have the various supply chain topologies covered in Chapter 2. Thus, the conceptual modelling methodology is composed of the following phases: visualising, analysing, conceptualising, modelling, validating, correcting and proposing; and is extended to be applied to the study of collaboration in supply chains by considering the products, decisions and information flows contemplated by the chain nodes where collaborative processes are carried out. Hence,

products, information and transport flows are considered for planning processes, respectively.

It is worth stressing that the seven phases also establish requirements, foundations and lines of action to develop the conceptual modelling. This study has addressed the modelling domain in a supply chain which contemplates a collaborative perspective to support the planning process in terms of information collection, and of the generation and distribution of the associated demand plans. Thus, studying this type of domain implies considering supply chain topologies, as well as the entities relating with its business processes (internal entities, additional internal entities, external entities and distribution centres), and identifying the developer team and the work team connected to the chain nodes. Similarly, studying and defining the concepts that support the domain description in accordance with the related products, information and decisions flows, and identifying the modelling tools that address conceptual models building, are also considered. Finally, the methodology not only provides a reference conceptual model for modelling collaborative processes in supply chains from a decentralised perspective, but also offers improvement proposals by regarding the critical factors obtained while developing the conceptual model.

Another outstanding aspect of the methodology is the Modelling Phase. This phase addresses the construction and/or attainment of a reference conceptual model which supplies the elements and relations to bear in mind in order to support production planning processes and transport from a decentralised viewpoint. Likewise, the model contemplates that planning is carried out by each node which, equally, considers the three related flows (products, information and decision). The products flow supplies information and activates the other flows from the needs of the supply chain's entities linked to products flow processes. So it is that the flows considered by the nodes are in accordance with those associated with the collaborative process which each node is able to independently contemplate in a decentralised manner.

Linking flows depend on the kind of chain topology, and also on the configurations and characteristics that the respective nodes present. Hence, these links are determined as how the products flow, through users' requirements, interacts with the other flows (information and decisions). The products flow interacts with the information flow by means of interfaces which allow users to filter their requirements and information they are supplied with. Regarding the connection between products flow and decisions flow, the link is established by the requirements that must be met, for which, and depending on information obtained from the process, the corresponding decisions will be made.

In the collaborative planning processes context, forecasting is done based on a mutual agreement between the manufacturer and the supplier, which allows both parties to interchange information to adjust their forecasting's. This Chapter is presented as a contribution to the few

contributions there are, which explicitly specify these decentralised collaboration relationships.

The definition of the reference architecture has been supported by Zachman's standard Framework under several viewpoints, and the elements defined in the modelling methodology have been considered to express each considered perspective from different viewpoints. The fact that, generically, there are three types of participating nodes to define the different models is stressed, these being: customer, customer-supplier and supplier; as well as the collaborative and non-collaborative types. Therefore based on these considerations, the corresponding reference architecture has been constructed to support the modelling of the collaborative processes and their respective particular architectures in order to demonstrate its applicability.

8.5 DESIGNING AND IMPLEMENTING A TOOL FOR A PRODUCTION PLANNING PROCESS IN A TREE-TYPE SUPPLY CHAIN

Thanks to the additional study conducted, it has been verified that the applicability of multiagent systems (MAS) is wide-ranging and diverse. Agents are entities which include four factors that differ to the already known objects, these being: Autonomy, Sociability, Reactivity and Pro-activity. So it is that an agent represents the skill to develop autonomous executions and domain-directed reasoning's. In this way, agents are considered autonomous if they are within a system relating to any dynamic and complex setting since they perceive and act in this setting, and fulfil a series of objectives or tasks for which they were designed. Hence, an agent is known as a persistent software unit employed for a specific purpose. The fact that agents are persistent distinguishes them from a subroutine. Agents, therefore, have their own ideas about how to fulfil their tasks.

Regarding supply chain definitions and the application of MAS, it is seen how most authors consider a conceptual definition of supply chain modelling and identify associated modelling techniques. In this way, most representations contemplate a strategic-tactical decision level and consider the operational decision level separately.

The majority of authors have been seen to define their main needs from a definition of the study setting, or the study domain and, accordingly, they establish agents which support the series of problems based on artificial intelligence principles. Chiefly, communities of agents are taken into account in which the types of agents to be used are defined. These ought to be capable of interpreting information and of making decisions, and should also perform the task of merely acquiring and sending data. Thus, as previously mentioned, they should match the sociability, pro-activity, reactivity and autonomy characteristics, irrespectively of the type of agent considered, which helps accomplish objectives of a personal and setting kind. Finally, a methodology has been created which efficiently supports the supply chain modelling based on agents.

In this way, a tool has been designed and implemented which takes into account Zachman's standard Framework to firstly establish an order to define design elements and to secondly explain the tool's implementation phase from the agents-based perspective. In this way, a generic design has been produced after considering a high level of detail, which allows us to visualise the applicability of its implementation in different supply chain topologies. Another of the important characteristics of its design and implementation phase to highlight is based on the fact that its specifications mean it can be replicated in different supply chain settings. So it is versatile to support the modelling and incorporation of collaborative processes in the supply chain.

Other relevant aspects which have been taken into account when developing the tool have been to consider high-impact technology for processes modelling, the tool design itself and its implementation to support collaborative processes. This technology is based on MAS and it supports the relevant modelling characteristics of the behaviour of those entities in the setting such as sociability, reactivity, autonomy and pro-activity. Based on this, the agents considered in the tool could autonomously execute activities and could also develop the reasoning's required to support decision-making processes in each supply chain node.

Finally, the fact that having incorporated and employed agents in designing the tool has enabled the identification of technical requirements to implement supply chain settings, which support collaborative processes such as information flows, sending and receiving messages, support mechanisms for collaborative, decentralised decision making in each node and planning activities, is noteworthy.

8.6 APPLYING AND EXPERIMENTING WITH THE MULTIAGENT SYSTEM-BASED TOOL IN A TREE-TYPE SUPPLY CHAIN

Applying this tool to a tree-type supply chain has enabled two main considerations to be taken into account. Firstly, Zachman's Framework structure has been contemplated to demonstrate the applicability of the architecture and design of the proposal presented in this thesis. Secondly, the use of a linear programming model systems which, in this particular case, are the mixed integer type to independently support the decision-making processes in each node. Therefore, the application has taken into account a tree-type supply chain with four nodes where the end customer's demand is received to subsequently interact with the supply nodes at the other levels by means of a production planning process.

For this experimentation, a system has been put to the test. This system is based on generating a scenario which considers several levels of overcapacity of, and variability in, the end customer's demand, where each scenario has contemplated both collaborative and non-collaborative perspectives for information interchange in order to make the corresponding comparisons. So after regarding the demand patterns' own variability, 100

replicas have been made for each case, which implies considering a total of 1500 experiments supported by the agents-based collaborative production planning mechanism. In parallel to the demand patterns, the levels of demand involving overcapacity percentages in relation to the available capacity per period have been considered. These overcapacity levels were 90%, 100% and 110% to place stress on the model's system to make comparisons in the collaborative setting with the non-collaborative setting. In addition, each demand pattern considered a range of different variability's, these being: 0%, 25%, 75%, 100% and 200%. Finally, the results have been analysed from two points of view: calculating profits and calculating service levels.

- Profits.

In general terms, the results of the 3000 experiments reveal that the proposed collaborative production planning mechanism helps increase the profits of all the participating nodes. Besides for a loading level of 100, which is the equivalent to 100% overcapacity, it has been observed at the supply chain level that greater improvements have been obtained regarding the overcapacity levels of the customer-supplier-type nodes in the supply chain. So it may be stated that a collaborative supply chain generates greater differences in profits than in non-collaborative situation. This took place the higher the demand variability percentage, so the collaborative production planning mechanism implies the generation of sustainable differences when variability percentages are high.

Finally, with overcapacity levels higher than 100%, the level of profits is somewhat lower if compared to former cases; this is due to the penalisation that initial overcapacity solutions imply. However, when overcapacity levels are below 100%, a smaller difference was obtained because the non-collaborative system had a margin to obtain sufficiently sound solutions, although the collaborative system always surpassed them.

- Service levels.

From the experiments carried out, the increase in service levels was always positive at the different variability levels, and improvements are always obtained at the 100 level, which also occurred with profits. Therefore, a homogeneous behaviour has been presented at both the profits and service levels. This is interpreted that for the lower levels of capacity available per period, there are fewer situations with problems and, hence, there is not a large difference between the collaborative and the non-collaborative perspectives. Conversely, level 110 creates problems for nodes by default. This implies that the agents, therefore the nodes, have to resort to more overtime to be able to obtain a solution.

Finally, the application of the MAS-based collaborative planning model contributes the following:

- Collaborative production planning generates an increase in the end customer service level if compared to non-collaborative production planning.
- From the collaborative perspective, each node's profits are higher if compared to those generated from a non-collaborative perspective.
- The chain's total profits are higher if we consider a collaborative perspective as opposed to a non-collaborative one.
- The collaborative production planning perspective has cut the level of backlogging for each customer-type node if compared to the non-collaborative perspective.

8.7 FUTURE RESEARCH LINES

With the work conducted, it is possible to put forward future research lines which address:

- **Extending the proposed architecture to support the collaborative forecasting process in the supply chain**

After studying what has been established, it is quite clear that supply chains increasingly address establishing relationships among the chain nodes. In this context, collaborative forecasting processes help identify future problems and, therefore, help support the behaviours which enable anticipation according to the information processed for this purpose. Thus, the products and information flows play a key role in acquiring this information (see Figure 1) as it feeds forecasting processes according to customers' inputs and suppliers' responses. So along the same supply chain collaborative context line, and by considering that the collaborative customers transmit demand plans (PD) and that collaborative customers send firm orders (PFirm), the forecasting process considers responses and plans validation (PDVal) to adjust forecasting mechanisms.

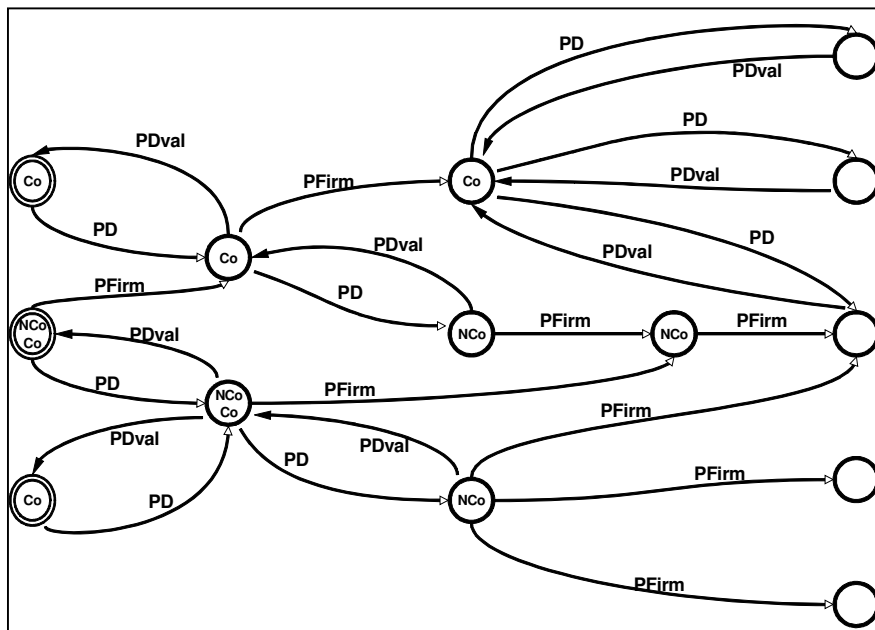


Figure 1. The information flow in supply chain collaborative processes.

Therefore, the information flow is relevant to support forecasting processes among supply chain nodes. In the supply chain collaborative context, collaborative forecasting considers that each member is not only capable of jointly maintaining individual forecasting in the system, but is also able to integrate this forecasting process into other processes, such as planning and individual replenishments. In fact, the collaborative process in the supply chain management context involves using the information and technology available to force a change in demand plans in accordance with the adjustments made to the forecasting processes. On the other hand, it is necessary to bear in mind that the collaborative forecasting process considers the fact that each node or firm in the chain has information which is not available to the rest. Therefore, if we take a decentralised

collaboration setting among the nodes, the forecasting process implies progressively disseminating the information among the nodes which are willing to collaborate.

Likewise, when we consider what has been put forward in the collaborative planning process, the conceptual and technological views support the following; on the one hand, the definition of the modelling methodology and the accomplishment of a conceptual model of the collaborative forecasting process; on the other hand, the identification of the technological elements relating to the definition of behaviours, roles, attributes, methods and languages that the nodes belonging to the supply chain must contemplate to exchange the demand plans that support the acquisition of accurate information in order to favour forecasting process and to reduce forecasting errors.

For the technological model, details are provided of the calculation mechanism for the collaborative forecasting process from the generic supply chain topology viewpoint, which is included in the technological representation of the components, objects and behaviours identified in the list of elements. Hence, collaborative forecasting firstly considers a demand plan with a total of $T > 1$ periods. So in accordance with the decentralised perspective, each node in the chain could identify two types of nodes in accordance with its relationships in order to carry out the collaborative forecasting process. Figure 2 provides an example of a generic supply chain topology to illustrate the collaborative forecasting process.

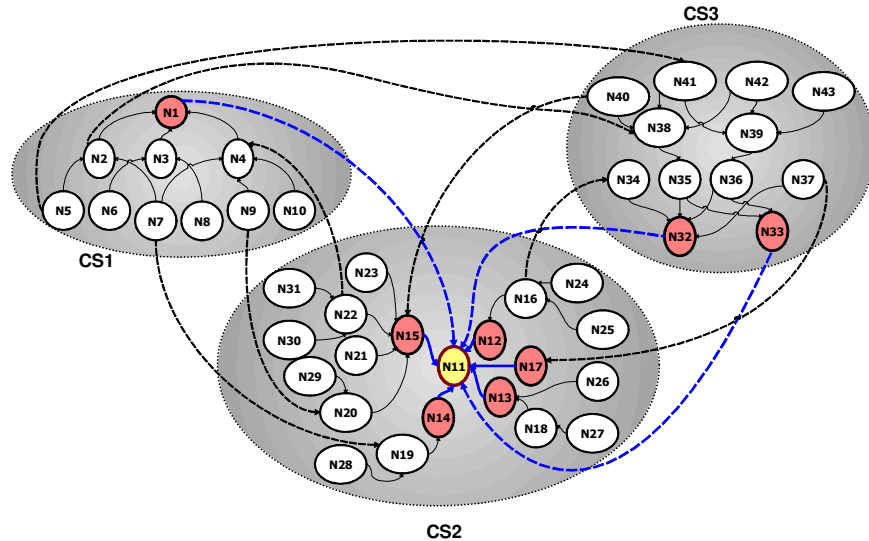


Figure 2. The information flow in a generic supply chain.

Similarly from the nodes perspective, the model that would support collaborative forecasting in the supply chain should mainly consider two aspects: the nodes involved in the process and the behaviour that each node should consider to carry out its activities. In this way, it is assumed that, from the collaborative perspective of information interchange, each node participates for the purpose of obtaining and generating the most accurate forecasting process possible, and even when the information interchange is

based on demand plans or firm orders. Accordingly, the main behaviours linked to each node are those shown below.

- **Forecasting.** The node carries out forecasting processes. So in decentralised setting terms and depending on the particular case of the supply chain topology, these nodes would generate their forecasting's and would send them to their corresponding nodes in accordance with the collaborative or non-collaborative relationship. Thus, the agent's forecasting is capable of detecting if the information originates from the collaboration node or not. If we bear these facts in mind, either demand plans are summed or a classic forecasting process is applied.
- **Collaborative Node.** This node exchanges demand plans. So it generates and sends them to the corresponding nodes. This node type plays a customer-type role. In this way, the information generated is used to support mid- and long-term decision-making processes; that is, of the tactic and strategic type, respectively.
- **Non-collaborative Node.** This node type contemplates considering its short-term requirements; that is, generating firm orders of an unknown frequency to its suppliers. Therefore, this node type contributes information relating to uncertainty in the setting.

In addition, and in relation to the specifications of the communication process (see Figure 3) among the nodes, it could be established that the behaviours associated with collaborative forecasting address, on the one hand, generating demand plans and, on the other hand, identifying those nodes which are willing to collaborate, or not, by exchanging these plans. So by following the standard FIPA-ACL protocol, the information flow and, therefore, the exchange of messages, could be expressed as shown in Figure 3.

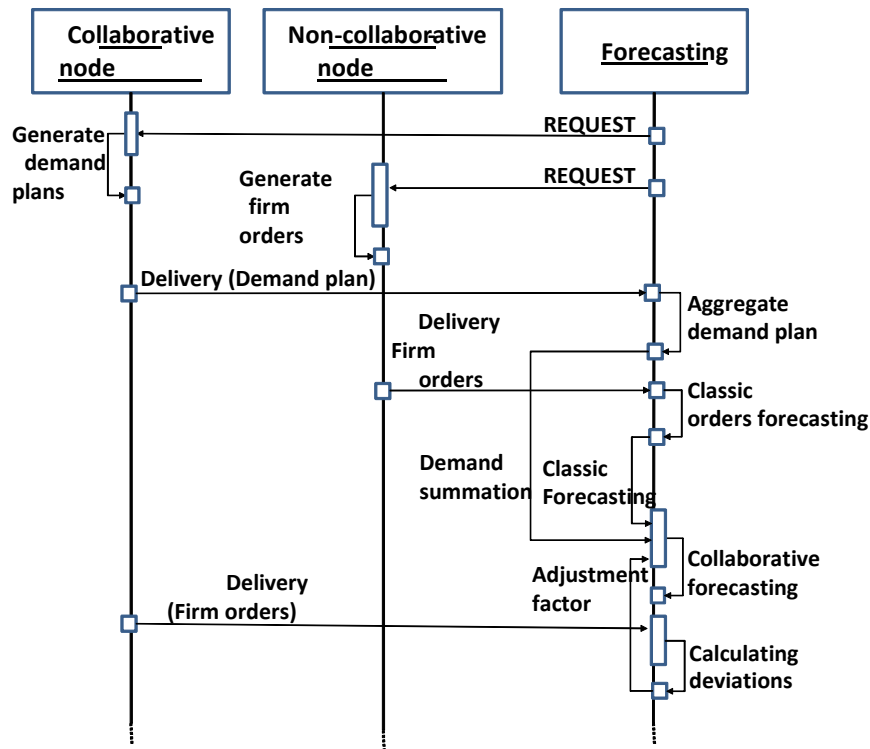


Figure 3. Technological dynamics of the decentralised collaborative forecasting process in supply chains.

In this way, the FIPA-ACL protocols which would support the collaborative forecasting process are of the REQUEST type because processes are based on requesting and sending information. Thus, the technological view (see Figure 4) of the collaborative forecasting process considers each object in relation to the node type. This allows generalising the implementation process as far as the different communication mechanisms that each node may contemplate are concerned. Likewise with components, a direct relation is established with the objects of behaviours with a view to permitting synchronised communication among the nodes, just as the reference business architecture philosophy sets out. Furthermore, the chain's physical distribution would consider unfolding each object in terms of the behaviours relating to the collaborative forecasting process; in other words, in accordance with the characteristics that the node might bear in mind (collaborative, non-collaborative and forecasting).

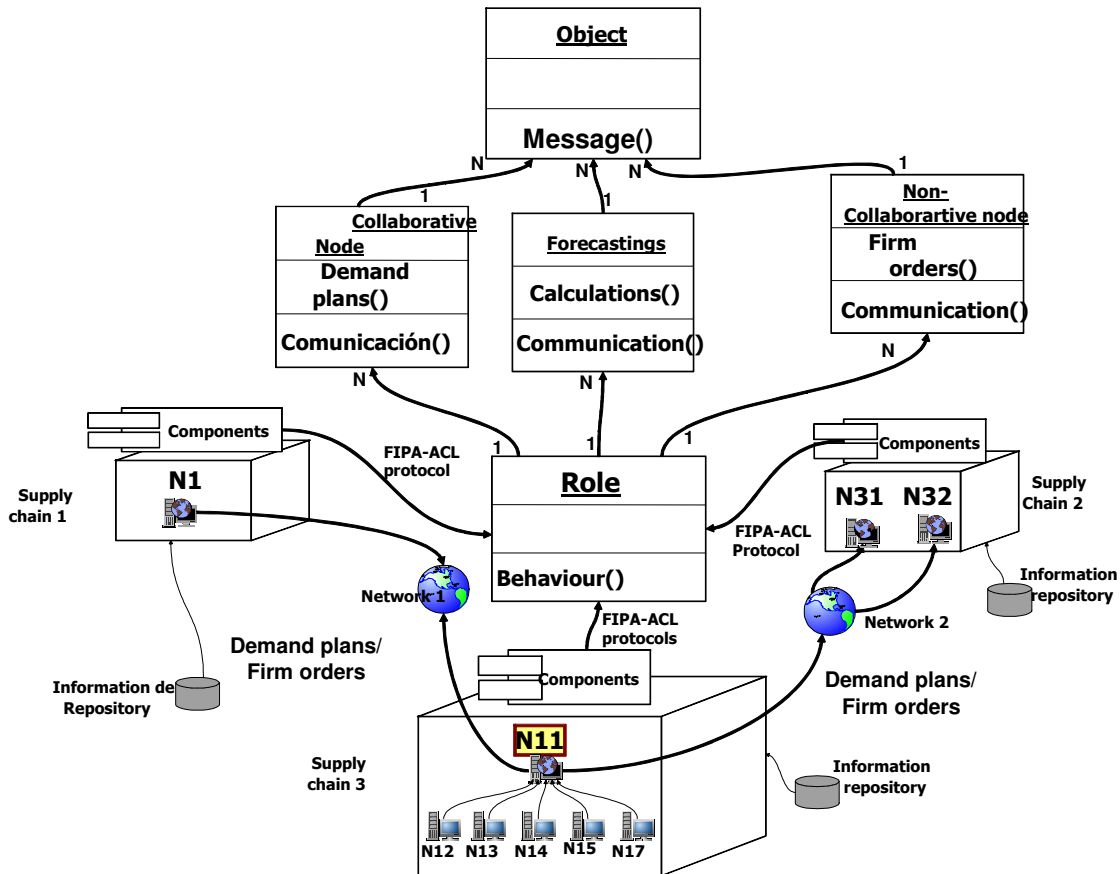


Figure 4. The Business Architecture of the collaborative forecasting process in supply chains.

In accordance with the technological view of the collaborative forecasting process (Figure 4) based on components, objects, attributes, methods, the behaviour, networks and their unfolding, the fact that the interchanged information depends on both the node type and the role considered is expressed, and in such a way that interchange processes are carried out in an independent and synchronised fashion. Therefore no matter how complex or simple the supply chain topology is, the proposed model would consider that collaborative- and non-collaborative-type nodes would exist which, in turn, and depending on their role, could send or receive demand plans or firm orders. All this would be supported by the independent management corresponding to the information repositories.

- **Extending the proposed architecture to support the collaborative replenishment process in the supply chain**

Considering the technological models from the collaborative replenishment and planning perspectives, the technological model from the collaborative replenishment perspective would be a combination and extension of them both towards the incorporation of replenishment transport planning. This would imply the identification of both collaborative and non-collaborative nodes, with the only exception that the transport role would be added. This role would consider the functionality of transport management according to the information available because, as with the other regular nodes, an independent information repository would be

employed. Therefore, depending on the role and node type represented, the role of transport would consider the associated behaviours to cyclically iterate in order to accomplish the best possible transport plan.

Furthermore, the communication language would be supported by the standard FIPA-ACL. In this particular case, the types of message considered would be the CFP-type, *Propose*, *Accept* and *Reject* because the processes are based on requesting, assessing and sending information. In this way, the technological view (see Figure 5) of the collaborative replenishment process would consider that each object (in relation with the node type) would perform the implementation process in terms of the different communication mechanisms that each node contemplates in accordance with its production and transport requirements. So in relation to the components associated to each node, there would be a direct relationship between the nodes' behaviours objects and the roles' objects. This favours synchronised information among the nodes. Besides, the chain's physical distribution would consider unfolding each object in terms of the behaviours relating to the collaborative replenishment process; that is, in accordance with the characteristics that the node contemplates (collaborative, non-collaborative and transport).

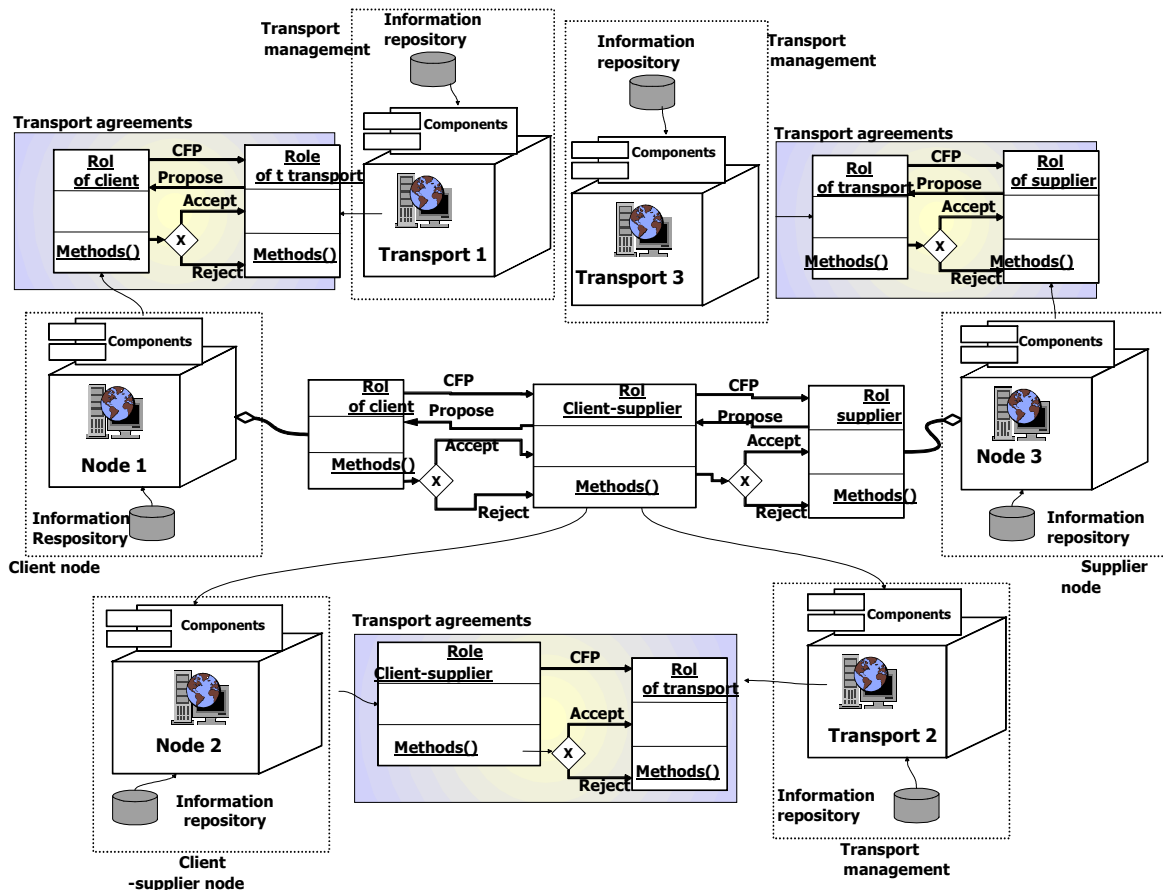


Figure 5. the Business Architecture of the collaborative replenishment process in supply chains.

From this demand plans, firm orders and transport plans interchange perspective, each node obtains information from its respective customers and transport “managers” and, therefore, supports the adjustments made in

relation with the orders sent to suppliers from the production planning perspective and, on the other hand, from the transport planning perspective. This would be in line with the collaborative forecasting and planning processes.

- **Analysing the difficulty of validating the agents-based model in accordance with the analytical model associated with the system.**

The agents-based model has proved to be a collaborative and decentralised solution for the production planning process problems in a supply chain setting with different levels. Likewise, the optimum solution would be based on a single model which groups all the domain variables, parameters and restrictions and would generate a single solution from the centralised viewpoint. Thus, a future working line would be related to conducting feasibility studies into implementing centralised and decentralised collaborative systems. Therefore, the agents-based tool could be validated and verified for these cases and be compared within the already well known works from **Sierra *et al.* (2002)**, **Jung and Jeong (2005)**, **Jiao *et al.* (2006)**, **Reaidy *et al.* (2006)**, among others.

- **Establishing suitable conceptual modelling tools after studying them.**

For the development presented herein, Zachman's Framework was used as the main structure. A series of standard modelling languages was also employed to conceptually represent the information and decisions flows among the supply chain nodes. Therefore, one feasible research line would be study the different tools available in the market which could support the modelling and execution of real collaborative processes.

- **Supply chain interoperability and information exchange process.**

Share the accurate and actionable information, on a timely basis, will lead the collaboration among the nodes. This will emerge in order to improve the decision-making activities related, mainly, to the planning processes in the supply chain. Hence, from a decentralized perspective, each supply chain node might consider their own enterprise systems in order to manage and exchange the right information among them. Thereafter, aspects such as the interoperability of the systems are a very critical issue to be considered, even in the modelling process and also in the implementation stage. Thus, one of the main further research activities, from proposed architecture, will be to apply other semantics and ontology's to this architecture and, on the other hand, to consider other standard frameworks such as ATHENA, ARIS, among others in order to compare its applicability in real supply chain networks to get an interoperable architecture proposed in this framework. Further, interesting comparison and extension might come out from the work of **Jardim-Gonçalves and**

Steiger-Garção (2002), Hernández *et al.* (2010), among other, to set out the impact of the collaborative planning under flexible business environments.

- **Applying the tool with production planning models under uncertainty with parameters like demand, costs or capacity. For this purpose, the linear programming models used in each node in the experimented supply chain would be replaced with fuzzy mathematical programming models.**

Demand variability is an important factor in supply chain settings because variability's tend to be transmitted to supplier nodes from lower levels, which are a key piece in the chain's operation given the capacity to respond to orders or to unexpected changes in demand. Similarly, production planning systems are usually submitted to market demand, which are normally erratic and uncertain to forecast.

Besides, given that these demand uncertainties may consider randomly distributed values, use of likelihood distributions based on fuzzy triangular numbers, or simply the values within a given interval, would become a relevant factor to consider for studies, for instance, into supply chain nodes' production capacities. Thus, a demand plan to support collaborative processes could consider the lower and upper limits to confer more agility to those restrictions associated with the fulfilment of plans to favour collaboration processes among nodes in accordance with information's fuzzy behaviour. This, based on the work of **Mula *et al.* (2010)**, would help generate a fuzzy-type production planning model for a decentralised and collaborative setting.

- **Analysing the agents-based conceptual model to support production planning processes in a real supply chain; for instance, the automobile or the ceramics sector.**

Given the fact that the functionality of the collaborative model of the production planning process has been demonstrated in tree-like decentralised and collaborative supply chains, the model is applied to real settings to verify firms' current behaviours in the face of the collaborative planning proposal. Since this tool has been developed using OpenSource-type technology, there are no licensing restrictions which normally limit the installation of a computation tool in firms. Therefore, the object is to implement the tool in some characteristic supply chain sector; for example, the automobile or the ceramic sector, to verify the model's performance in these real supply chain settings within the information projects to which the doctoral applicant was being involved.

BIBLIOGRAPHY

1. Hernández, J.E., Poler, R. and Mula, J. (2010). An Interoperable enterprise architecture to support decentralized collaborative planning processes in supply chain networks. Springer (Ed.), pp. 213-224.
2. Jardim-Gonçalves, R. and Steiger-Garção, A. (2002). Implicit multilevel modeling in flexible business environments. Commun. ACM. Vol. 45 No. 10, pp. 53-57. New York, NY, USA.
3. Jiao, J., You, X. and Kumar, A. (2006). An agent-based framework for collaborative negotiation in the global manufacturing supply chain network. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 22, 239-255.
4. Jung, H. S. and Jeong, B. (2005). Decentralised production-distribution planning system using collaborative agents in supply chain network, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 25 No. 1-2, pp. 167-173.
5. Mula, J., Peidro, D. and Poler, R. (2010). The Effectiveness of a Fuzzy Mathematical Programming Approach for Supply Chain Production Planning with Fuzzy Demand. International Journal of Production Economics, Vol. 128, pp. 136-143.
6. Ready, J., Massotte, P. and Diep, D. (2006). Comparison of negotiation protocols in dynamic agent-based manufacturing systems, International Journal of Production Economics, Vol. 99 No. 1-2, pp. 117-130.
7. Sierra, C., Sabater, J. and Augustí, J. (2002). Evolutionary Programming in SADDE, conference AAMAS'02, Bologna, Italy.