

**Metodología de asignación de recursos para el establecimiento de procesos colaborativos:
Modelo de inversión para PYMES**
*Resources allocation methodology for the establishment of collaborative processes: Investment
Model for SMEs*

Beatriz Andres y Raul Poler

Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP). Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Universitat Politècnica de Valencia. (UPV). Pl. Ferrándiz Carbonell S/N. 03801 Alcoy, Alicante (España).

Fecha de recepción: 26-02-2014

Fecha de aceptación: 10-06-2014

Resumen: Se propone una metodología de asignación de recursos para iniciar o mejorar las relaciones colaborativas entre los socios de una red. La metodología se fundamenta, en primer lugar, en la identificación de los procesos potenciales a realizar de forma colaborativa, en base a los cuales se definen una serie de proyectos de acción que permiten llevar a cabo los procesos colaborativamente. Finalmente se presenta un modelo de programación lineal como herramienta de asignación de los recursos, que poseen las empresas, de forma que la inversión para llevar a cabo los proyectos de acción sea lo más eficiente posible. La metodología propuesta no sólo se focaliza en la asignación de recursos de las empresas, sino que ofrece una mayor cobertura para la asignación de recursos en el contexto de redes colaborativas de empresas. Así, la metodología cubre el proceso de asignación de recursos desde la identificación de los procesos potenciales en los que invertir hasta la asignación apropiada de recursos para llevar a cabo dichos procesos colaborativos.

Palabras Claves: asignación de recursos, procesos colaborativos, redes colaborativas, programación matemática

Abstract: Over the last years, an increasing number of collaborative networks have appeared due to the change in the enterprises' modus operandi, from competition to collaboration. In collaborative networks, members are able to achieve those objectives that would not be possible, or would have higher costs, to reach if organisations individually act. Thus, collaborative partners jointly work to achieve common or compatible objectives. Therefore, an increasing number of collaborative practices, among the partners in a network, have appeared as a result of the acquired advantages that stem from collaboration. Collaborative business processes are commonly associated with standardised schemas and collaborative mechanisms, used to facilitate the decisions coordination and exchange information among network partners.

The business processes performed within the partners in a network are becoming more and more collaborative. However, establishing collaborative processes is not an easy task due to the necessary requirements to carry them out. The endogenous characteristics of enterprises are a challenge for the creation of appropriate conditions to establish collaboration. Specially, for small and medium enterprises (SMEs) the establishment of collaborative processes is a difficult task to perform, due to the implied risks and the lack of capabilities and resources owned. Therefore, the authors find, in this area, a gap to fill in order to lead the enterprises' efforts to efficiently perform collaborative processes.

One of the relevant issues to deal with when the enterprises are willing to establish collaborative relationships is identifying which are the processes to collaboratively perform and with which partners collaborate. If collaborative enterprises could identify both issues, what processes and partners, they could easily initiate the collaboration. Nevertheless, there is no methodology that provides enterprises this knowledge, causing failures in the initial phase of collaborative processes establishment.

In order to identify the processes to carry on in a collaborative way and define the action projects to be activated in order to establish this collaboration, a methodology has been developed in this paper. The methodology consists of three phases (i) identification of the *potential processes* in which collaborate, (ii) definition of the *action projects*, that describe the resources, guidelines and tools in broad outline to provide a guide to establish the *potential collaborative processes* and (iii) a *mathematical lineal programming model* to support the selection of the, previously defined, action projects in which invest, as a way to allocate the resources to deal with the establishment of collaborative processes. This linear programming model will allow enterprises to identify in which action projects invest, to efficiently deal with the starting up process of collaboration.

The proposed methodology not only focuses on the resources allocation in one enterprise, but also deals with the resources allocation in the context of collaborative enterprise networks. The methodology covers the resources allocation process from the recognition of potential processes in which initiate collaboration to the identification of the appropriate resources to carry out such collaborative processes.

Keywords: resources allocation, collaborative processes, collaborative network, mathematical programming.

1. Introducción

La participación en cadenas de suministro colaborativas es una cuestión a tener en cuenta por las empresas que buscan complementarse con otros socios de la red, obteniendo ventajas competitivas y oportunidades nuevas de negocio. Un gran número de estructuras en redes colaborativas se identifican en la literatura, como las redes virtuales (Rodríguez y Vilana, 2009; Camarinha-Matos and Afsarmanesh, 2005), *netchains* (Lazzarini et al., 2001; Capó et al., 2009) o las redes de fabricación no-jerárquicas (Poler et al., 2012). En particular, para las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) la participación en redes colaborativas no solo representa una ventaja competitiva, sino que supone un factor de supervivencia en el entorno socio-económico turbulento, complejo y dinámico en el que se encuentran (Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2008).

En la formación de alianzas colaborativas debe alcanzarse el balance entre la competencia y la colaboración; por ello, un espacio de colaboración provechoso debe permitir un cierto grado de divergencia. Sin embargo, es fundamental que tales divergencias no dañen las relaciones de cohesión del grupo (Camarinha-Matos y Afsarmanesh, 2008). Encontrar el equilibrio adecuado entre la colaboración y la competencia con el fin de responder, no sólo, con eficiencia a las amenazas y oportunidades del entorno, sino también potenciar las capacidades individuales, es un reto importante en la propuesta de herramientas y metodologías de apoyo a la toma de decisión de los socios de una red colaborativa.

El establecimiento de relaciones colaborativas entre socios de una red es un reto complejo al cual se tienen que enfrentar las empresas. De forma especial, las PYMEs presentan dificultades debido a su tamaño (Capó et al., 2009), a la falta de financiación, al escaso acceso a la información clave para la toma de decisiones y a la falta de recursos y capacidades necesarias para hacer frente a los procesos colaborativos. En la literatura se proponen un gran número de enfoques para tratar las posibles barreras que aparecen en el establecimiento de procesos colaborativos (Andres y Poler, 2013). Algunos ejemplos de estos enfoques son los propuestos para la previsión colaborativa de la demanda (Poler et al., 2009; Hoyos y Poler, 2013), la gestión del conocimiento entre los socios (Lisboa-Soh et al., 2012), la planificación colaborativa de la producción (Boza et al., 2009) o la gestión de la información entre los nodos de la red (Cuenca et al., 2009). A partir de la literatura revisa-

da se deduce que los modelos, metodologías y herramientas propuestas tratan los procesos colaborativos de forma individual. No obstante, antes de iniciar la colaboración, los socios que deseen participar deben identificar los procesos más relevantes en los que colaborar y, por tanto, en los que invertir a fin de que los recursos asignados para llevar a cabo los procesos colaborativos se distribuyan de la forma más óptima. Por ello, es necesario proponer a las empresas un procedimiento lógico que les permita, en primer lugar, identificar los procesos en los cuales es de relevante importancia colaborar; y en segundo lugar, identificar de entre todos estos procesos aquellos cuya puesta en marcha implique un mayor beneficio en relación a los recursos monetarios invertidos. Así, el objetivo de este artículo es proponer una metodología de soporte a la colaboración entre los socios involucrados en la red.

La metodología desarrollada permite a las asignar de forma óptima los recursos de las empresas sobre un conjunto de proyectos definidos para llevar a cabo los procesos de negocio de forma colaborativa. Para ello, el resto de este artículo se organiza como sigue: la Sección 2 trata el concepto de **asignación de recursos**, base del presente artículo. En la Sección 3 se desarrolla la metodología propuesta, que consiste en tres fases: *Fase 1* Análisis cuantitativo que permite identificar, a través de un cuestionario, los **procesos de colaboración potenciales** para llevar a cabo en una empresa que desea iniciar o mejorar la colaboración (Sección 3.1). *Fase 2* Definición de los **proyectos de acción** diseñados para mejorar o iniciar la colaboración en los procesos caracterizados como potenciales (Sección 3.2). *Fase 3* Aplicación de un **modelo matemático** para hacer frente al problema de asignación de recursos (Sección 3.3). Este modelo proporciona a las empresas una herramienta de toma de decisión en el proceso de identificación de proyectos en los que invertir, para llevar a cabo la colaboración, obteniendo un beneficio óptimo. Finalmente, las conclusiones y las líneas futuras de investigación son descritas en la Sección 4.

2. El problema de asignación de recursos

La asignación de recursos es un tema relevante en la ejecución de procesos de negocio en las organizaciones, e influyente en el rendimiento de una organización. Según Kumar y Aalst (2002), la asignación adecuada de los recursos es un tema clave en su uso eficiente para la ejecución de procesos de negocio, que asegura que cada elemento de trabajo es reali-

zado por el recurso correcto y en el momento oportuno. La asignación óptima de recursos supone una tarea compleja y dinámica (Huang et al., 2011). Consecuentemente, el problema de asignación de recursos ha recibido considerable atención en el ámbito de gestión de operaciones, el más estudiado Job Shop Scheduling (Bertsimas et al., 2013) en el cual se asignan los recursos apropiados para la realización de un trabajo en un determinado periodo de tiempo (Zhang y Dietterich, 1995).

De forma general, la asignación (distribución) de recursos es un proceso mediante el cual los recursos (inputs) se asignan a diferentes entidades, tales como acciones, proyectos o departamentos (Karsu y Morton, 2014). Dependiendo del dominio de aplicación, los recursos pueden ser máquinas, equipos, tiempo, espacios, mano de obra, dinero, software, recursos humanos, etc. (Van Hee et al., 2007). En el problema de asignación de recursos (i) la cantidad de recursos a asignar es limitada, (ii) los recursos se utilizan en la realización de un determinado proyecto, (iii) hay diferentes formas de asignación, (iv) cada proyecto, al cual se le asignan recursos, presenta un beneficio diferente y (v) la asignación de recursos está limitada a las restricciones del problema (Vicens et al., 1997). Los modelos de asignación se diseñan para ayudar al decisor a asignar los recursos, teniendo en cuenta su disponibilidad. El objetivo principal es la asignación de recursos de tal manera que los objetivos generales de la organización se alcancen de la forma más eficiente (Korhonen y Syrj nen, 2004); así las entradas se asignan, por lo general, maximizando el valor de salida.

Existen una amplia variedad de mecanismos para dar soporte al problema de asignación de recursos en la ejecución de procesos de negocio. Desde que Charn s et al. (1978) desarrollaran el análisis envolvente de datos (DEA, *data envelopment analysis*), éste se ha convertido en un método muy popular para el análisis de la eficiencia, que a día de hoy aún se utiliza (Du et al., 2014). El análisis de la literatura muestra diferentes enfoques para hacer frente al problema de asignación de recursos, como los enfoques de aprendizaje automático (machine learning) (Russell et al., 2004), la programación dinámica o los algoritmos de técnicas de aprendizaje por refuerzo (reinforcement learning, RL) (Sutton y Barto, 1998). Los algoritmos clásicos de asignación de recursos utilizados en el dominio de la gestión de operaciones son la programación lineal, programación entera (Burns et al., 1996) o los algoritmos genéticos (Vilcoct et al., 2008) entre otros. Los algoritmos multi-

agente también presentan especial relevancia (Chevalleyre et al., 2006; Barbalios y Tzionas, 2014).

De forma específica, la programación lineal es una herramienta muy conocida de los métodos cuantitativos de gestión cuya utilización más extendida es la determinación de la asignación óptima de los recursos limitados de una organización entre proyectos o actividades competitivas (Vicens et al., 1997). La herramienta de programación matemática ayuda a resolver problemas de gestión, en los cuales el decisor debe asignar recursos a diversas actividades/proyectos en vista a optimizar un objetivo medible. La programación lineal continua aparece en los problemas de asignación cuyo objetivo y todos los requerimientos impuestos se expresan mediante funciones lineales (Vicens et al., 1997).

El presente trabajo utiliza, en la metodología propuesta de asignación de recursos, un modelo de programación lineal para hacer frente al problema de asignación de recursos en el caso particular de las empresas que desean iniciar o mejorar la colaboración. El modelo permite identificar los proyectos de acción en los que invertir para iniciar la colaboración en determinados procesos, donde cada proyecto de acción está asociado al establecimiento colaborativo de un proceso concreto.

3. Metodología

La metodología propuesta consiste en tres fases (Figura 1) y permitirá, a las empresas que desean iniciar o mejorar la colaboración, identificar los proyectos a activar para llevar a cabo los procesos de negocio de forma colaborativa.

La metodología se inicia con la determinación de los socios que desean llevar a cabo los procesos de forma colaborativa. Los socios, dispuestos a colaborar, deben en primer lugar identificar cuáles son los procesos más relevantes en los que iniciar/mejorar la colaboración. Para ello, se propone un cuestionario (Anexo 1) como base para identificar, a través de un análisis cuantitativo, el grado de adaptación de los socios con respecto a los requerimientos necesarios para llevar a cabo un determinado proceso de forma colaborativa. La Identificación de las áreas en las que colaborar permite a las empresas listar los procesos de negocio potenciales para llevarlos a cabo colaborativamente con uno o varios socios de la red (sección 3.1).

Una vez identificados los procesos colaborativos potenciales, se definen los proyectos de acción que permitirán llevarlos a cabo de forma colaborativa. Los proyectos de acción se definen a través de un conjunto de recursos, acciones, requerimientos, metodologías o herramientas para establecer los procesos de negocio de forma colaborativa. El resultado es un listado de proyectos de acción sujetos a ser activados por las empresas que desean iniciar la colaboración (sección 3.2).

Finalmente se aplica un modelo matemático de programación lineal, que permitirá la asignación óptima de recursos. El modelo genera el conjunto óptimo de proyectos a activar para llevar a cabo los procesos colaborativamente, entre los socios de la red que desean iniciar/mejorar la colaboración (sección 3.3).

Una de las cuestiones a tener en cuenta cuando las empresas están dispuestas a establecer relaciones colaborativas es identificar cuáles son los procesos colaborativos a llevar a cabo y con qué socios. Si las empresas colaborativas pudiesen identificar ambos aspectos, iniciar la colaboración se convertiría en un procedimiento más sencillo. Sin embargo, no existe una metodología que permite a las empresas identificar cuáles son los procesos en los que iniciar la colaboración (o mejorarla), causando fracasos en la fase inicial de establecimiento de procesos colaborativos. Por ello, el presente artículo propone una metodología que permita ocuparse de esta cuestión. La metodología propuesta no sólo se centra en la asignación de recursos en una empresa, sino que también se ocupa de la asignación de recursos en el contex-

to de las redes de empresas colaborativas. La metodología abarca el proceso de asignación de recursos a partir de la identificación de los procesos potenciales en los que iniciar la colaboración así como la identificación de los recursos necesarios para llevar a cabo dichos procesos colaborativamente. A continuación se desarrollan, de forma detallada, las tres fases de la metodología propuesta para la asignación de recursos en el establecimiento de procesos colaborativos.

3.1. Identificación de procesos colaborativos potenciales (Fase I)

Iniciar relaciones colaborativas entre los socios de una red implica que las empresas dispuestas a colaborar, lleguen al acuerdo sobre el conjunto de procesos a llevar a cabo colaborativamente. Colaborar con los socios de la red requiere tiempo, trabajo y dinero; por ello es pertinente identificar el conjunto de procesos relevantes sobre los cuales iniciar o mejorar la colaboración.

El objetivo de esta fase es detectar las áreas en las que colaborar a través de la identificación de los procesos colaborativos potenciales a establecer, diseñar, iniciar, rediseñar o mejorar. Para ello utilizaremos un **análisis cuantitativo** que nos permitirá conocer cuáles son las necesidades de colaboración en las empresas. El análisis cuantitativo, que permite identificar procesos colaborativos potenciales, se lleva a cabo en las empresas que desean iniciar o mejorar la colaboración. Dicho análisis considera cuatro perspectivas

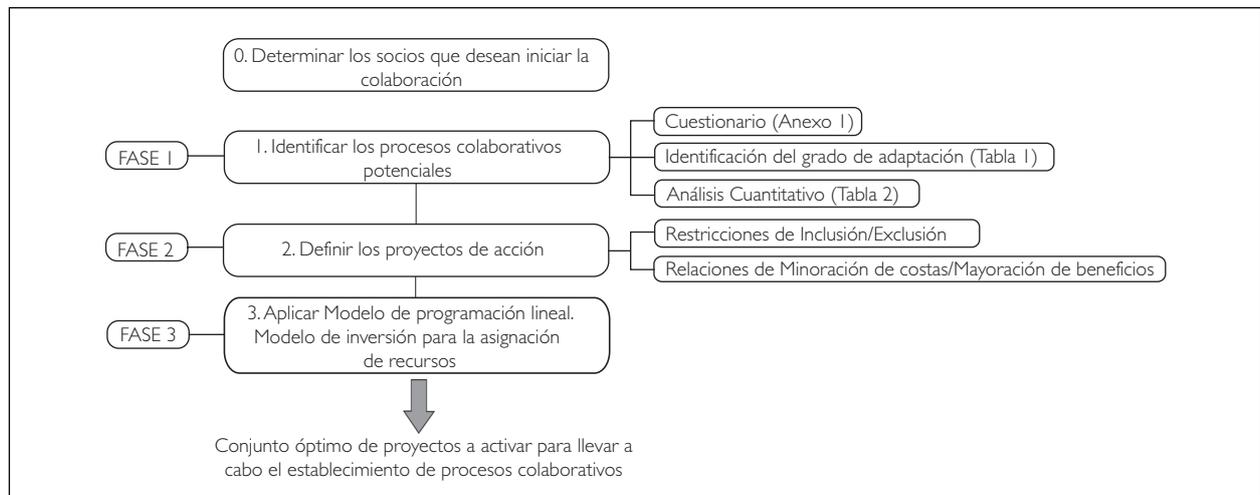


Figura 1
Metodología de asignación de recursos para el establecimiento de procesos colaborativos

(estrategia, tecnología, socios y productos), con el fin de seleccionar los procesos potenciales a llevar a cabo de forma colaborativa; de forma que se obtengan las ventajas derivadas su puesta en marcha.

La identificación de procesos potenciales para iniciar la colaboración se basa en la clasificación de procesos previamente propuesta por Andres y Poler (2013) que identifican, de forma general, los procesos de negocio más relevantes para el establecimiento de relaciones colaborativas. El análisis cuantitativo propuesto en esta sección considera el grupo de procesos listado por Andres y Poler (2013) y el diseño de un **cuestionario (anexo I)**, que sirve de herramienta para identificar los procesos colaborativos potenciales a los cuales las PYMEs socias de la red deben prestar atención. Para ello, se emplea la variable definida como **grado de adaptación**, que indica la medida en la que las características de la PYME se ajustan a los requerimientos necesarios para lograr establecer un determinado proceso de forma colaborativa (tabla 1).

El grado de adaptación definido en la tabla 1, permite a las PYMEs identificar los procesos a los cuales es conveniente prestar atención para que se establezcan colaborativamente. Para realizar el análisis cuantitativo, se utiliza la tabla 2, que permite registrar, a través del grado de adaptación, la medida en que las capacidades y recursos de las empresas se adaptan a los requerimientos necesarios para llevar a cabo un proceso de negocio de forma colaborativa. La tabla 2 está dividida en cinco columnas, en la primera columna se distinguen las cuatro perspectivas sobre las cuales se basa el análisis cuantitativo (estrategia, tecnología, socios y producto), a continuación se representa el número de la cuestión (Cx) formulada en el anexo I, que debe ser contestada

en función del grado de adaptación (tabla 1). La tercera columna ofrece una descripción abreviada de la cuestión planteada en el anexo I. En la cuarta columna la empresa registra el grado de adaptación correspondiente, como respuesta a la cuestión planteada. Finalmente, la última columna indica el proceso colaborativo al que hace referencia la cuestión.

El cuestionario (anexo I) plantea una serie de cuestiones que permite a las empresas identificar los procesos potenciales a realizar de forma colaborativa. El grado de adaptación será registrado en la tabla 2, en la que cada cuestión está relacionada con cada proceso. El cuestionario ha sido diseñado de forma sencilla, para que las empresas puedan contestarlo, con el objetivo de identificar cuáles son los procesos colaborativos en los cuales (i) la empresa está dispuesta a colaborar; (ii) a la empresa le conviene colaborar o (iii) la empresa necesita mejorar la colaboración, suponiendo que ya se colabora. En definitiva, el cuestionario permite, junto con el análisis cuantitativo, detectar el conjunto de áreas de mejora, es decir los procesos en los que se debe mejorar. Considerando el grado de adaptación, los procesos potenciales se caracterizarán por la falta de recursos y capacidades de las PYMEs para poder llevarlos a cabo colaborativamente.

El cuestionario se repartirá por separado a cada uno de los socios colaborativos, lo que permitirá identificar los procesos en los cuales cada socio presenta ineficiencias para establecerlos colaborativamente. Después de que las empresas contesten individualmente el cuestionario, se generará un listado de puntos potenciales de colaboración, que estará formado por el conjunto de procesos a mejorar por las empresas colaborativas, procesos que se pueden mejorar o iniciar para llevarlos a cabo de forma colaborativa dentro de la red.

Tabla 1
Leyenda del grado de adaptación

Grado de adaptación	Definición
Nulo	La empresa no posee las capacidades y recursos demandados para satisfacer los requerimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa
Débil	Las capacidades y recursos que posee la empresa favorecen ligeramente los requerimientos y condiciones necesarias para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa
Moderado	Las capacidades y recursos que posee la empresa favorecen los requerimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa
Bueno	Las capacidades y recursos que posee la empresa se adaptan y favorecen fuertemente los requerimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa
Excelente	Las capacidades y recursos que posee la empresa son los necesarios y requeridos para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa

Tabla 2
Análisis cuantitativo, para la identificación de procesos colaborativos potenciales

Cx	PYME	Grado Adaptación	Proceso colaborativo a abordar
Estrategia	C1	Ubicación de la PYME respecto al diseño óptimo de la red	Diseño de la red
	C2	Grado de alineación estrategia y los objetivos de la PYME con los socios de la red	Alineación de estrategias
	C3	Sistema de Toma de decisiones	Sistema de Toma de decisión
	C4	Sistema de medición del rendimiento de la PYME Indicadores Clave de Rendimiento	Diseño del Sistema de medición del rendimiento
Tecnología	C5	Capacidad de la PYME para la innovación tecnológica y científica. Tecnologías apropiadas necesarias para intercambiar información	Intercambio de información
		Nivel de sofisticación técnica	Gestión del Conocimiento Gestión de la Incertidumbre
		Nivel de conocimiento científico y tecnológico	
	C6	Sistemas de Información, Tecnologías de información	Conexión de procesos
C7	Innovación e Infraestructuras	Interoperabilidad	
Socios	C8	Alineación de la Estrategia de la PYME con los socios de la red	Selección de socios
	C9	Capacidad y poder de negociación de la PYME	Negociación de contratos
	C10	Reparto de beneficios entre los socios de la red de forma equivalente Beneficios de la empresa PYME comparándose con otros socios colaborativos de la red colaborativa	Compartir costes y beneficios
		Confianza e Incertidumbre en el reparto de beneficios	
		Sistema de Medición de rendimiento compatible con el reparto de beneficios	Sistema de Medición de Rendimiento Compartir costes y beneficios
	C11	Uso de Mecanismos de Colaboración	Diseño de los mecanismos colaborativos
C12	Gestión de las órdenes de forma colaborativa y en conexión con los socios de la red	Proceso de comprometer pedidos	
C13	Disposición de la empresa hacia el intercambio de la información	Intercambio de Información Productos	

(Cx: cuestión del anexo I)

(continúa)

Tabla 2
Análisis cuantitativo, para la identificación de procesos colaborativos potenciales (continuación)

Cx	PYME	Grado Adaptación	Proceso colaborativo a abordar
Productos	C14	Importancia del producto de la PYME para la red colaborativa Participación en el diseño del producto generado en la red	Diseño del producto
	C15	Disposición de la empresa a gestionar en común la información con los socios de la red	Gestión de la información
	C16	Sistema de previsión colaborativa de la demanda	Previsión de la demanda
	C17	Sistema de Planificación colaborativo de la producción	Planificación de operaciones
	C18	Sistema de reaprovisionamiento y gestión de órdenes colaborativo	Reaprovisionamiento
	C19	Programación de la producción colaborativa	Programación
	C20	Gestión del Inventario del producto de forma colaborativa Lotificación	Gestión de inventario

(Cx: cuestión del anexo 1)

El cuestionario (anexo 1) permite identificar a través del análisis cuantitativo (tabla 2) las áreas de mejora de las empresas en lo que a la colaboración se refiere. Un grado de adaptación *nulo, débil o moderado*, implica que las capacidades y recursos de las PYME no cumplen los requerimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa. Así, con los resultados de la tabla 2 las empresas son capaces de identificar una serie de procesos potenciales a establecer de forma colaborativa con los socios de la red. El grado de adaptación vincula los requerimientos de una red colaborativa con las capacidades y recursos de las PYMEs, permitiendo la identificación del proceso a abordar (iniciar o mejorar, en caso de que se esté realizando colaborativamente). En una primera reunión se decidirá cuáles son las áreas, que coinciden en las dos empresas, susceptibles de mejorar, o cuales son los procesos colaborativos que se desean llevar a cabo conjuntamente de forma colaborativa.

Considerando los datos de salida de la tabla 2, las empresas son capaces de reconocer cuales son los procesos sobre los que iniciar o mejorar la colaboración. Esto permitirá generar un listado de **proyectos de acción**, los cuales se diseñarán para alcanzar el estado colaborativo en cada uno de los procesos con grado

de adaptación *nulo, débil o moderado*. No obstante, para aquellos procesos cuyo grado de adaptación es *bueno*, los decisores también deberán de plantear una serie de proyectos de acción en los cuales se propongan soluciones que favorezcan una mayor adaptación, y así alcanzar un nivel de adaptación *excelente*. El grado de adaptación *excelente*, indica que las capacidades y los recursos de las PYME cumplen con los requerimientos necesarios para llevar a cabo un proceso colaborativamente, por lo tanto, la PYME estará lista para continuar o iniciar el proceso colaborativo.

El análisis cuantitativo permite, a través del grado de adaptación, identificar los puntos débiles de las empresas, en cuanto a la colaboración, y a su vez servirá como base para identificar sobre qué procesos deben diseñarse **proyectos de acción** que ofrezcan soluciones y mejoras de forma que ayude a las PYME a establecer de manera eficiente un proceso de forma colaborativa.

3.2. Definición de proyectos de acción (Fase 2)

Una vez listados los procesos colaborativos potenciales, las empresas deben diseñar un conjunto de

proyectos de acción definidos para mejorar o iniciar los procesos caracterizados como potenciales para llevarlos a cabo colaborativamente.

En cada proyecto de acción se describen las soluciones a implementar; herramientas y/o acciones a llevar a cabo para iniciar (o mejora) un determinado proceso colaborativamente, previamente identificado en el análisis cuantitativo desarrollado en la *Fase I* (sección 3.1, tabla 2). En la definición de los proyectos de acción se asume que los socios colaborativos están dispuestos a invertir en ellos para llevar a cabo la colaboración.

Puede que un único proyecto de acción se defina para mejorar o iniciar un determinado proceso colaborativo. No obstante, puede darse la situación en que diferentes proyectos de acción se planteen para tratar un mismo proceso colaborativo; esto significa que existen diferentes opciones para que un mismo proceso se establezca de forma colaborativa. Cada opción supone una solución diferente para tratar un mismo proceso con un grado diferente de colaboración o inversión. En la definición de proyectos de acción se consideran los:

- Proyectos en los cuales las empresas colaboradoras desean iniciar la colaboración. Es decir, pasar desde un escenario no-colaborativo hacia un escenario colaborativo en el que las empresas desean iniciar un proceso colaborativo.
- Proyectos en los cuales las empresas colaboradoras desean mejorar un proceso colaborativo existente.

Los **proyectos de acción** se caracterizan la activación o no-activación de los mismos, y se consideran dos tipos de restricciones:

- Restricción de inclusión, que es una restricción de compatibilidad entre proyectos. Cuando un proyecto sólo puede activarse si y sólo si otro/s proyecto/s se activa/n. Se tratará normalmente de proyectos complementarios.
- Restricción de exclusión, que es una restricción de incompatibilidad entre proyectos. Cuando un proyecto sólo puede activarse si y sólo si otro/s proyecto/s no es/son activado/s. Se tratará normalmente de proyectos de acción definidos para tratar un mismo proceso colaborativo los cuales no tiene sentido realizarlos al mismo tiempo.

Cada proyecto de acción lleva asociados unos **costes** que están relacionados con la dificultad de que

un proyecto se lleve a cabo: (i) costes derivados de la aplicación de herramientas, metodologías o modelos necesarios para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa, (ii) coste de los recursos humanos necesarios para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa, (iii) el tiempo requerido para alcanzar la colaboración, (iv) el coste de recursos, capacidades que sean necesarios adquirir para llevar a cabo el proceso de forma colaborativa, etc. Los costes se definen de forma conjunta por los dos socios, del mismo modo que se definen los proyectos de acción. Por otra parte, el **beneficio** de un proyecto de acción está determinado por la cantidad de unidades monetarias ganadas derivadas de su activación. El beneficio está asociado al éxito de que un proyecto se lleve a cabo.

Dos posibles relaciones a estudiar en los proyectos de acción son la minoración de costes o la mayoración de beneficios:

- La minoración de costes implica que al activar dos proyectos simultáneamente los costes disminuyen. Esto podría ser interesante para relacionarlo con las restricciones de inclusión, justificando que dos o más proyectos se deben realizar de forma simultánea puesto que los costes de su activación disminuyen. Por el contrario, la **mayoración de costes** implica que al hacer dos o más proyectos simultáneamente los costes aumentan. Esto podría ser interesante para relacionarlo en las restricciones de exclusión, justificando que dos o más proyectos no se deben realizar de forma simultánea puesto que los costes aumentan.
- La **mayoración de beneficios** implica que al hacer dos proyectos simultáneamente los beneficios se incrementan. Esto podría ser interesante para relacionarlo con las restricciones de inclusión, justificando que dos proyectos se deben realizar de forma simultánea puesto que los beneficios aumentan. Por el contrario, la **minoración de beneficios** implica que los beneficios se reducen al hacer dos proyectos simultáneamente. Esto podría ser interesante para relacionarlo en las restricciones de exclusión, justificando que dos proyectos no se deben realizar de forma simultánea puesto que los beneficios disminuyen.

La situación más favorable es aquella en la que la combinación de proyectos genera una minoración de costes y una minoración de beneficios. No obstante, la activación de dos proyectos simultánea-

mente también puede generar resultados contrapuestos, como: (i) la mayoración de costes y la minoración de beneficios, (ii) la minoración de costes y la minoración de beneficios, o (iii) la mayoración de costes y la mayoración de beneficios. Cuando alguno de estos tres escenarios suceden, se debe considerar el resultado neto de forma que se identifique en qué medida aumentan/disminuyen los beneficios sobre los costes asociados a cada proyecto.

Llegados a este punto, los procesos potenciales para iniciar/mejorar la colaboración han sido identificados y los proyectos de acción han sido definidos. De esta forma, pasamos a aplicar el modelo de inversión, desarrollado en la Fase 3 (sección 3.3), que permitirá identificar la asignación óptima de recursos a invertir en los proyectos de acción para llevar a cabo determinados procesos de negocio colaborativamente.

3.3. Modelo (Fase 3)

Hasta el momento se han definido los proyectos de acción (fase 2) para llevar a cabo la mejora o iniciación en los procesos colaborativos identificados como potenciales (fase 1). La fase 3, propone la aplicación de un modelo matemático de programación lineal para dar soporte a las empresas, que desean establecer relaciones colaborativas, en la toma de decisión relativa a la asignación de recursos a los proyectos de acción definidos.

El modelo matemático de programación lineal propuesto permite (i) modelar la asignación de recursos en diferentes proyectos de acción, para llevar a cabo la colaboración entre empresas de una misma red y (ii) dar soporte a la decisión de activación (o no activación) de un proyecto de acción, de forma que los socios colaborativos obtengan las ventajas competitivas asociadas, mejorando el rendimiento de la empresa y de la red colaborativa global. Los socios que desean iniciar la colaboración, serán capaces de identificar el conjunto óptimo de proyectos de acción a los cuales se deben asignar los recursos monetarios, considerando los costes y los beneficios que se obtengan de su activación.

El modelo propuesto proporciona, a través de las variables de costes (unidades monetarias a invertir) y beneficios (unidades monetarias que se obtienen por la activación del proyecto), una herramienta de identificación de los proyectos en los cuales las PYMEs colaboradoras deben invertir para mejorar o establecer de nuevo un proceso colaborativo, maximizando el rendimiento. La aplicación del modelo re-

quiere que la información relativa a costes de activación de un proyecto de acción esté disponible, por parte de las empresas que desean colaborar. No obstante, en algunas ocasiones, la información o no será adecuada o simplemente no será conocida. Sin embargo, las empresas o los expertos que apliquen el modelo, pueden estimar la información de forma admisible, haciendo preguntas a los socios, a través de las cuales se pueda deducir la información de entrada del modelo. Los socios dispuestos a colaborar deben tener en cuenta que el éxito de cualquier herramienta de soporte al establecimiento de procesos colaborativos exige el intercambio de información pública por parte de las empresas que desean colaborar (Fernández-Cardador et al., 2012).

3.3.1. Modelo para la identificación de proyectos en los que invertir

El problema de asignación de recursos puede resolverse a partir de modelos de programación dinámica, herramienta utilizada para resolver ciertos tipos de problemas de decisiones secuenciales (Vicens et al., 1997). La resolución de un problema a través de programación dinámica se caracteriza por el uso de una función recursiva, que permite resolver el problema por etapas, resolviéndose cuando se obtiene el último dato necesario. Cada problema en programación dinámica tiene su propia formulación y método de solución, ya que a diferencia de otros modelos matemáticos, no existen relaciones recursivas estándar y por tanto no existe un método de resolución general. Es por ello por lo que, para abordar el problema de asignación de recursos, los autores han decidido utilizar un modelo de programación lineal, ya que proporciona una herramienta que se puede utilizar para resolver problemas de asignación, proporcionando la solución óptima de forma lógica.

En este caso, el problema de asignación de recursos entre varios receptores posibles (asignación de unidades monetarias a los proyectos de acción listados) se resuelve a través de la definición de una función objetivo lineal y las correspondientes restricciones, a través de un modelo de programación lineal. El objetivo es determinar la asignación óptima de unidades monetarias y decidir qué proyectos se activan con el objetivo de maximizar el beneficio que se deriva de la activación de los mismos.

El modelo se centra en la maximización del beneficio neto, calculado a través de los costes y beneficios esperados derivados de la activación de un proyecto de acción. Este modelo permitirá identificar, entre

el conjunto de proyectos definidos, aquellos que generan mayores beneficios para las empresas que desean iniciar o mejorar la colaboración. En definitiva, el modelo matemático propuesto, identifica en qué proyectos de acción invertir. Los datos de entrada del modelo son:

- Unidades monetarias que las empresas deciden utilizar para invertir en el establecimiento de procesos colaborativos (presupuesto).
- Coste de activación de cada proyecto.
- Beneficio que se obtiene a través de la activación de cada proyecto.
- Relaciones de inclusión o exclusión que se establecen entre los proyectos potenciales a activar.
- Relaciones de minoración de costes y mayoración de beneficios que se establecen entre los proyectos potenciales/susceptibles de activar.

Los índices, parámetros y variables de decisión del modelo de asignación de recursos se definen en la tabla 3. El modelo propuesto para la identificación de los proyectos de acción a activar se desarrolla a continuación.

Función objetivo:

$$max.Z = \sum_i (b_i \times P_i + (\sum_j MAY_{ij}^b \times P_j)) - \sum_i (c_i \times P_i - (\sum_j MIN_{ij}^c \times P_j)) \quad [1]$$

Restricciones:

$$P_i \text{ BINARIA solo puede alcanzar dos estados } \begin{cases} p_i = 1 \text{ el proyecto de acción se activa} \\ p_i = 0 \text{ el proyecto de acción no se activa} \end{cases}$$

Restricciones de capacidad. Al activar una serie de proyectos, el coste de estos proyectos no puede superar el presupuesto que tienen las empresas para activar proyectos de colaboración

$$\sum_i P_i \times c_i \leq PRE \quad \forall i \quad [2]$$

Restricción de inclusión. Los datos se introducen a través de una matriz. La matriz de Inclusión (I_{ij}) indica aquellos proyectos que deben activarse simultáneamente.

$$P_i \leq \frac{\sum_j I_{ij} \times P_j}{\sum_j I_{ij}} \quad \forall I_{ij} > 0, \quad \forall i \neq j \quad [3]$$

Restricción de exclusión. Los datos se introducen a través de una matriz. La matriz de Exclusión (E_{ij}) indica aquellos proyectos que no deben estar activados simultáneamente.

Tabla 3
Índices, parámetros y variables de decisión del modelo

Índices	
{i}	Conjunto de Proyectos de acción
{j}	Conjunto de Proyectos de acción de influencia (conjunto de proyectos j que tienen una relación de inclusión o exclusión con el conjunto de proyectos i)
Parámetros	
c_i	coste del proyecto de acción i
b_i	beneficio del proyecto de acción i
PRE	presupuesto total de las empresas que desean colaborar
I_{ij}	Matriz de Inclusión. Indica que el proyecto de acción P_i tiene una relación de inclusión con el proyecto de acción P_j . Para activar el proyecto P_i debe estar activado el proyecto P_j .
E_{ij}	Matriz de Exclusión. Indica que el proyecto de acción P_i tiene una relación de exclusión con el proyecto de acción P_j . Para activar el proyecto de acción P_i el proyecto de acción P_j debe estar desactivado.
MIN_{ij}^c	Matriz de minoración de beneficios. Unidades monetarias (u.m.) que se restan directamente al coste del proyecto de acción P_i activado cuando se activa proyecto de acción P_j .
MAY_{ij}^b	Matriz de mayoración de beneficios. Unidades monetarias (u.m.) que se suman directamente al beneficio del proyecto de acción P_i activado cuando se activa proyecto de acción P_j .
Variables de Decisión	
P_i	variable binaria que indica si el proyecto de acción i se activa.

$$P_i + E_{ij} \times P_j \leq 1 \quad \forall E_{ij} > 0, \quad \forall i \neq j \quad [4]$$

Para una mejor comprensión del modelo propuesto, se propone a continuación un ejemplo considerando cuatro proyectos de acción $P_i = (P_1, P_2, P_3 \text{ y } P_4)$. Los datos del vector de costes $c_i = (c_1 = 4, c_2 = 3, c_3 = 2, c_4 = 2)$ y beneficios $b_i = (b_1 = 5, b_2 = 8, b_3 = 9, b_4 = 5)$ se representan en unidades monetarias (u.m.) y se obtienen a través de la activación de cada proyecto. El presupuesto (PRE) disponible para la activación de los proyectos es de 10 u.m. Por último, los datos relativos a las matrices de inclusión (I_{ij}) y exclusión (E_{ij}) se presentan en la tabla 4; mientras que los datos relativos a las matrices de minoración de costes (MIN_{ij}^c) y mayoración de beneficios (MAY_{ij}^b) se muestran en la tabla 5.

El ejemplo de la matriz de inclusión de la tabla 4a indica que el proyecto de acción P_1 sólo se activará si se activa P_2 . De la misma forma el proyecto de acción

P_2 sólo se activará si se activan P_1 y P_4 . El proyecto de acción P_4 sólo se activará si se activa P_2 . En referencia a la matriz de exclusión (tabla 4b), el proyecto de acción P_1 no se activará mientras los proyectos de acción P_3 y P_4 estén activos. De la misma forma, el proyecto de acción P_2 no podrá activarse si el proyecto de acción P_3 está activo. Considerando la misma lógica, se representan las matrices de minoración de costes y mayoración de beneficios (tabla 5).

En el ejemplo de la tabla 5a, si los proyectos P_1 y P_2 se activan a la vez, se restarán directamente 0,8 unidades monetarias al coste del proyecto de P_1 . Por lo que respecta a la tabla 5b de mayoración de beneficios, cuando los proyectos P_1 y P_2 se activen a la vez, se sumarán directamente 0,1 unidades monetarias al beneficio derivado de activar el proyecto P_1 . Este ejemplo considera un escenario de *minoración de costes* y *mayoración de beneficios*. En el caso contrario de *mayoración de costes* o *minoración de beneficios*,

Tabla 4

Ejemplo a) Matriz de Inclusión (I_{ij}), b) Matriz de Exclusión (E_{ij})

a) Matriz de Inclusión (I_{ij})

		P_j			
		P_1	P_2	P_3	P_4
P_i	P_1	0	1	0	0
	P_2	1	0	0	1
	P_3	0	0	0	1
	P_4	0	0	0	0

b) Matriz de Exclusión (E_{ij})

		P_j			
		P_1	P_2	P_3	P_4
P_i	P_1	0	0	1	0
	P_2	0	0	1	0
	P_3	1	0	0	0
	P_4	0	0	0	0

Tabla 5

Ejemplo a) Minoración de costes (MIN_{ij}^c), b) Mayoración de beneficios (MAY_{ij}^b)

a) Minoración de costes (MIN_{ij}^c)

		P_j			
		P_1	P_2	P_3	P_4
P_i	P_1	0	0,8	0	0
	P_2	0,8	0	0	0,7
	P_3	0	0	0	1
	P_4	0	0,7	0	0

b) Mayoración de beneficios (MAY_{ij}^b)

		P_j			
		P_1	P_2	P_3	P_4
P_i	P_1	0	0,1	0	0
	P_2	0,2	0	0	0,4
	P_3	1	0	0	0
	P_4	0	0,3	0	0

se utilizarían las mismas variables a las propuestas en el modelo (MIN_{ij}^c, MAY_{ij}^b) pero con valores negativos.

El modelo de programación lineal propuesto puede ser resuelto con diferentes solucionadores, para el ejemplo planteado se ha utilizado la herramienta de modelado MPL 4.2 (Maximal Software Corporation, 2004) y el solucionador CPLEX 11 (CPLEX, 1990). La resolución del modelo generará el conjunto de proyectos de acción a activar y por tanto el conjunto de procesos a llevar a cabo de forma colaborativa con los socios de la red.

Teniendo en cuenta los datos numéricos del ejemplo propuesto, el resultado obtenido es el siguiente vector de proyectos de acción $P_i = (P_1 = 1, P_2 = 1, P_3 = 0, P_4 = 1)$. El resultado indica que entre todos los proyectos de acción definidos deben ser activados P_1, P_2 y P_4 con un beneficio total (MAX Profit = 13). La solución propuesta por el modelo no es obvia, ya que P_3 es el que ofrece un margen mayor y podría activarse junto con P_4 para obtener un beneficio total de 10 u.m., mientras que P_1, P_2 y P_3 generan directamente 9 u.m. pero esta combinación se beneficia de minoraciones de costes y mayoraciones de beneficios.

4. Conclusiones

El objetivo del presente artículo es dar soporte al proceso de iniciación o mejora de la colaboración entre los socios de una red. Para ello, se propone una metodología de tres fases que permite a las empresas identificar los procesos en los que es de relevante importancia colaborar (fase 1) y definir un conjunto de proyectos de acción a activar para llevar a cabo los procesos, previamente identificados, de forma colaborativa (fase 2). La tercera fase, de la metodología propuesta, incluye un modelo de programación lineal para la asignación de recursos, considerando la maximización del beneficio neto obtenido derivado de las inversiones realizadas para ejecutar ciertos procesos de forma colaborativa. El modelo propuesto genera como resultado el conjunto óptimo de proyectos a activar. La metodología se ha propuesto considerando la colaboración entre dos socios de la red, pero podrá ser extrapolable a tres nodos o más de la red.

El modelo propuesto, presenta limitaciones relacionadas con la recolección de los datos. Para ello, en las líneas futuras de investigación se propone aplicar la metodología y en particular el modelo matemáti-

co propuesto a un caso de estudio de una red de fabricación real. Y así identificar las dificultades a la hora de recoger datos que alimentan el modelo. Por otra parte, el modelo matemático propuesto es un modelo determinista. Futuras investigaciones están dirigidas a la evolución del modelo hacia un modelo estocástico. El modelo estocástico tendrá en cuenta diferentes probabilidades de ocurrencia en costes y beneficios, en función de las circunstancias que vayan aconteciendo, sobre los proyectos de acción identificados.

El modelo desarrollado es una propuesta preliminar para hacer frente al problema de asignación de recursos para el establecimiento de procesos colaborativos, por lo que, debe considerarse su aplicación a casos reales con el fin de completar la validación del modelo y demostrar los beneficios que se derivan de su puesta en práctica. También debe estudiarse la posible ampliación del modelo a través del uso de restricciones en el reparto de los beneficios y los costes derivados de la activación de los proyectos de acción. La aplicación de la metodología y el modelo que se incluye en ella, permitirá demostrar cómo se reduce el error en la toma de decisión de asignación de recursos dedicados al establecimiento de procesos colaborativos.

5. Referencias

- ANDRES, B. y POLER, R. (2013). «Relevant problems in collaborative processes of non-hierarchical manufacturing networks». *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6 (3), pp. 723-73.
- BARBALIOS, N. y TZIONAS, P. (2014). «A robust approach for multi-agent natural resource allocation based on stochastic optimization algorithms». *Applied Soft Computing*, 18, pp. 12-24.
- BERTSIMAS, D., GUPTA, S., y LULLI, G. (2013). «Dynamic resource allocation: A flexible and tractable modeling framework». *European Journal of Operational Research* (In press).
- BOZA, A., NAVARRO, R. y VICENS, E. (2009). «La vista de información en el modelado del proceso de planificación colaborativa de una RdS/D: diseño de un modelo informacional genérico integrado». *Dirección y Organización*, 37, pp. 22-28.
- BURNS, S.A., LIU, L. y FENG, C.W. (1996). «The LP/IP hybrid method for construction time-cost trade-off analysis». *Construction Management & Economics*, 14 (3), pp. 265-276.

- CAMARINHA-MATOS, L.M. y AFSARMANESH, H. (2005). «Collaborative networks: A new scientific discipline». *Journal of intelligent manufacturing*, 16 (4), pp. 439-452.
- CAMARINHA-MATOS, L.M. y AFSARMANESH, H. (2008). *Collaborative Networks: Reference Modelling*. Springer. ISBN: 978-0-387-79425-9
- CAPÓ-VICEDO, J., TOMÁS MIQUEL, J.V. y EXPÓSITO-LANGA, M. (2009). «Redes virtuales de PYMES. Un caso de estudio en el sector textil español». *Dirección y Organización*, 38, pp. 66-77.
- CHARNÉS, A., COOPER, W.W., y RHODES, E. (1978). «Measuring efficiency of decision making units». *European Journal of Operations Research*, 2(6), pp. 429-444.
- CHEVALEYRE, Y., DUNNE, P., ENDRISS, U., LANG, J., LE-MAITRE, M., MAUDET, N., PADGET, J., PHELPS, S., RODRÍGUEZ-AGUILAR, J. y SOUSA, P. (2006). «Issues in multi-agent resource allocation». *Informatica*, 30, pp. 3-31.
- CPLEX Optimization, Inc. (1990). «Using the CPLEX Linear Optimizer».
- CUENCA, LI., BOZA, A., ALARCÓN, F. y LARIO, F.C. (2009). «Metodología para la identificación de inputs y outputs de procesos de negocio en un entorno colaborativo». *Dirección y Organización*, 37, pp. 29-35.
- DU, J., COOK, W.D., LIANG, L. y ZHU, J. (2014). «Fixed cost and resource allocation based on DEA cross-efficiency». *European Journal of Operational Research*, 235 (1), pp. 206-214.
- FERNÁNDEZ-CARDADOR, P., AGUDO-PEREGRINA, A.F. y HERNÁNDEZ-GARCÍA, A. (2012). «Antecedentes del comportamiento colaborativo en la empresa: el caso de los blogs corporativos». *Dirección y Organización*, 48, pp. 5-10 5.
- HOYOS, C. y POLER, R. (2013). «Propuesta metodológica para la previsión de la demanda con modelos causales». *Dirección y Organización*, 51, pp. 44-54.
- HUANG, Z., van der AALST, W.M.P., L.U., X. y DUAN, H. (2011). «Reinforcement learning based resource allocation in business process management». *Data & Knowledge Engineering*, 70, pp. 127-145.
- KARSU, O. y MORTON, A. (2014). «Incorporating balance concerns in resource allocation decisions: A bi-criteria modelling approach». *Omega*, 44, pp. 70-82.
- KORHONEN, P. y SYRJÄNEN, M. (2004). «Resource Allocation Based on Efficiency Analysis». *Management Science*, 50(8), pp. 1134-1144.
- KUMAR, A., van der AALST, W.M.P. y VERBEEK, E.M.W. (2002). «Dynamic work distribution in workflow management systems: how to balance quality and performance». *Journal of Management Information Systems*, 18(3), pp. 157-193.
- LAZZARINI, S.G., CHADDAD, F.R., y COOK, M.L. (2001). «Integrating supply chain and network analyses: the study of networks». *Journal on Chain and Network Science*, 1(1), pp. 7-22.
- LISBOA-SOHO, A.P., CASAROTTO-FILHO, N. y CUNHA, I.J. (2012). «Interorganizational Knowledge Management». *Dirección y Organización*, 48, pp. 34-40.
- MAXIMAL SOFTWARE CORPORATION (2004) MPL modelling system. Release 4.2e. USA.
- POLER, R., CARNEIRO, L.M., JASINSKI, T., ZOLGADRI, M. PEDRAZZOLI, P. (2012). *Intelligent Non-hierarchical Manufacturing Networks. Networks and Telecommunications Series*. ISTE WILEY. 448.
- POLER, R., MULA, J. y PEIDRO, D. (2009). «Determinación de parámetros de modelos de previsión de demanda a través de los errores de acierto en horizonte rodante». *Dirección y Organización*, 37, pp. 76-82.
- RODRÍGUEZ MONROY, R. y VILANA ARTO, J.R. (2009). «Structure and relationships within global manufacturing in virtual networks». *Dirección y Organización*, 37, pp. 115-123.
- 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.
- SUTTON, R.S. y BARTO, A.G. (1998). «Reinforcement learning: An introduction». The MIT Press, Cambridge, MA.
- VAN HEE, K., SEREBRENIK, A., SIDOROVA, N., VOORHOEVE, M. y van der WAL, J. (2007). «Scheduling-free resource management». *Data & Knowledge Engineering*, 61 (1), pp. 59-75.
- VICENS, E., ORTIZ, A. y GUARCH, J.J. (1997). *Métodos Cuantitativos Volumen I*. Universidad Politécnica de Valencia.
- VILOCT, G. y BILLAUT, J.C. (2008). «A tabu search and a genetic algorithm for solving a bicriteria general job shop scheduling problem». *European Journal of Operational Research*, 190, pp. 398-411.
- ZHANG, W. y DIETTERICH T. (1995). «A reinforcement learning approach to job-shop scheduling». *IJCAI*, pp. 1114-1120.

Anexo I

Cuestionario para la identificación de procesos colaborativos potenciales en las PYME pertenecientes a una red. Basado en el análisis de 4-Dimensiones (estrategia, tecnología, socios y productos).

Cuestiones	
ESTRATEGIA	C1. ¿En qué medida se adapta la empresa con el diseño propuesto para la red colaborativa? ¿Cuál es el grado de adaptación de la empresa en referencia a la ubicación conveniente para el conjunto de la red colaborativa?
	C2. ¿Cuál es el grado de alineación entre la estrategia de la empresa y las estrategias definidas por otros socios de la red colaborativa? ¿Cuál es el grado de alineación entre los objetivos de la empresa y el objetivo definido por otros socios de la red colaborativa?
	C3. ¿En qué medida el sistema de toma de decisiones de la empresa es adaptable a la toma de decisión descentralizada?
	C4. ¿En qué medida el Sistema de Medición de Rendimiento de la empresa puede ser rediseñado para medir los KPI necesarios para el cálculo del rendimiento global de la red colaborativa? ¿Cuál es el nivel de adaptación de la empresa para redefinir los KPIs de forma que sean adaptables y medibles en una red colaborativa? ¿Cuál es el grado de adaptación del SMR de la para medir los resultados derivados de la colaboración?
TECNOLOGÍA	C5. ¿En qué medida la empresa posee las tecnologías apropiadas necesarias para intercambiar información y conocimientos requeridos en una red colaborativa? ¿Cuál es el nivel de sofisticación tecnológica de la empresa para implementar nuevos sistemas de información y tecnologías de la información? ¿Cómo se clasifica la capacidad tecnológica y las habilidades de innovación de la empresa? ¿Qué nivel de conocimiento científico y tecnológico tiene la empresa?
	C6. ¿En qué medida la empresa posee los recursos y la experiencia necesarios para implementar de forma exitosa las herramientas que permiten alcanzar un determinado proceso de forma colaborativa? ¿En qué nivel define la empresa su capacidad tecnológica en relación a los requerimientos de SI/TI en la red colaborativa?
	C7. ¿En qué medida la empresa tiene sistemas de información (SI) interoperables con otros SI de los socios colaboradores de la red?
SOCIOS	C8. ¿Cuál es el grado de alineación de la estrategia de la empresa respecto las estrategias de los socios de la red colaborativa?
	C9. ¿En qué medida la empresa tiene definidos protocolos de negociación con otros socios? ¿Cuál es el nivel de poder de negociación y herramientas necesarias para negociar con los socios de la red colaborativa?
	C10. ¿En qué medida la empresa está dispuesta a compartir los beneficios de forma igual entre los socios colaborativos de la red? ¿Cuál es el grado de confianza de la empresa para compartir beneficios? ¿Qué beneficios obtiene la empresa en relación a los socios colaborativos? ¿En qué medida el sistema de medición de la empresa es compatible con la medición beneficios de la red colaborativa?
	C11. ¿En qué medida la empresa establece mecanismos de colaboración? ¿Qué grado de conocimiento posee la empresa para el uso de mecanismos colaborativos para establecer relaciones con los socios de la red?

C12. ¿En qué medida la empresa es capaz de conectar el proceso de comprometer pedidos con los datos de capacidad de inventario y de producción de otros socios colaborativos? ¿Cómo define la empresa el grado de conexión del proceso de comprometer pedidos con los otros socios de la red?

C13. ¿En qué medida la empresa está dispuesta a compartir información con los socios colaborativos?

C14. ¿Cómo de importante es el producto fabricado por la empresa para el conjunto global de la red? ¿Cuál es el grado de participación, por parte de la empresa, en el diseño del producto generado en la red?

C15. ¿Grado en que la empresa está dispuesta a gestionar en común la información con los socios de la red colaborativa?

C16. ¿Grado de confianza de la empresa para compartir o aceptar datos de previsión de sus socios aguas abajo? ¿Medida en que la empresa trabaja con los datos del punto de venta? ¿En qué medida utiliza la empresa un sistema de previsión colaborativo? ¿Cuál es el grado de seguridad de intercambio de información de la empresa, con los otros socios de la red?

C17. ¿En qué medida la empresa posee un sistema de planificación colaborativa? ¿Cuál es el nivel de adaptación del sistema de planificación de la empresa hacia un sistema de planificación colaborativo? ¿En qué medida la empresa está dispuesta a compartir la información sobre la planificación con otros miembros de la red colaborativa?

C18. ¿En qué medida utiliza la empresa un sistema de reaprovisionamiento gestionado por el proveedor? ¿En qué medida la empresa realiza el proceso de reaprovisionamiento de forma colaborativa entre los socios de la red?

C19. ¿En qué medida la empresa realiza el proceso de programación de forma distribuida? ¿Grado en que los procesos de programación se realizan de forma colaborativa entre los socios de la red?

C20. ¿En qué medida el proveedor gestiona el inventario de la empresa? ¿En qué medida la empresa está dispuesta a gestionar conjuntamente el inventario con los socios de la red colaborativa?