

Desarrollo de metodología de decisión multicriterio ANP en la gestión de proveedores: integración de selección, evaluación y desarrollo de proveedores.

TRABAJO FIN DE MASTER

Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Universitat Politècnica de València

Alumno: **Evilin Tafernaberry Franzão**

Director(es): Victor Gisbert Soler

Fecha de entrega: Febrero 2018

Contenido

1	Introducción	11
2	Consideraciones generales	12
2.1	Problemática de la investigación	12
2.2	Hipótesis de la investigación.....	12
2.3	Objetivos	12
2.3.1	Objetivo general.....	12
2.3.2	Objetivos específicos	13
2.4	Estrategia de investigación	13
2.5	Motivación para el desarrollo del trabajo	13
3	Estado del conocimiento	15
3.1	La toma de decisión multicriterio	15
3.1.1	Fundamento de la toma de decisión	16
3.1.2	Clasificación de un proceso de decisión y de la teoría de decisión	18
3.1.3	Analytic Hierarchy Process (AHP)	21
3.1.4	Analytic Network Process (ANP)	22
3.1.4.1	Ventajas de Analytic Network Process (ANP).....	23
3.1.4.2	Inconvenientes de Analytic Network Process (ANP)	23
3.1.4.3	Etapas de construcción de ANP	23
3.2	Gestión de proveedores.....	34
3.2.1	En la cadena de suministro	34
3.2.2	En la certificación ISO 9001:2015	37
3.2.3	En función del departamento de compras	38
3.2.4	Procesos de gestión de proveedores.....	38
3.2.4.1	Selección de proveedores.....	39
3.2.4.2	Evaluación de proveedores	42
3.2.4.3	Desarrollo de proveedores	43
4	Estado de arte	48
5	Planteamiento de la metodología	58
5.1	Elección de software	58
5.2	Desarrollo de metodología	58
6	Resultados obtenidos.....	73
7	Validación de metodología	79

8	Conclusiones y futuras líneas de investigación.....	80
	Referencias bibliográficas	82

Índice de figuras

Figura 1 - Etapas en el proceso de decisiones	16
Figura 2 - Supuestos de racionalidad	16
Figura 3 - Clasificación MCDM	19
Figura 4 - Clasificación de metodologías MCDM	20
Figura 5 - Estructura jerárquica del AHP	21
Figura 6 - Relación entre elementos en ANP en la estructura jerárquica AHP	22
Figura 7 - Estructura en red ANP	22
Figura 8 - Ejemplo ANP	25
Figura 9 - Construcción de la Supermatriz original	27
Figura 10 - Construcción de la matriz de comparación pareada	28
Figura 11 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 1	30
Figura 12 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 2	30
Figura 13 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 3	30
Figura 14 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 4	30
Figura 15 - Supermatriz original con los vectores propios	32
Figura 16 - Procesos de la cadena de suministro	35
Figura 17 - Ejemplos de grupos de interés o <i>Stakeholders</i>	37
Figura 18 - Procesos en la gestión estratégica de proveedores	38
Figura 19 - Principales procesos en la gestión de proveedores	39
Figura 20 - Metodología en el proceso de Desarrollo de Proveedores basada en SRM	45
Figura 21 - Aplicación de técnicas de decisión en el proceso de desarrollo de proveedores	45
Figura 22 - Pantalla principal del software Superdecision	63
Figura 23 - Construcción de la estructura en red en Superdecision	63
Figura 24 - Construcción de la estructura en red 1	64
Figura 25 - Estructura en red del trabajo propuesto 1	64
Figura 26 - Estructura en red del trabajo propuesto 2	66
Figura 27 - Estructura en red del trabajo propuesto 3	66
Figura 28 - Estructura en red del trabajo propuesto 4	67
Figura 29 - Comparación pareada en Superdecision	69
Figura 30 - Aviso de errores en Superdecision	69
Figura 31 - Ranking entre las alternativas	74
Figura 32 - Sintetización de los datos	74

Figura 33 - Prioridad global del problema de decisión propuesto en el trabajo	75
Figura 34 - Prioridad global en el proceso de selección de proveedores.....	77
Figura 35 - Prioridad global en el proceso de evaluación de proveedores	77
Figura 36 - Prioridad global en el proceso de desarrollo de proveedores	78

Índice de tablas

Tabla 1 - Conceptos de los elementos de teoría de decisión multicriterio	16
Tabla 2 - Áreas de aplicación de teoría de decisión multicriterio	18
Tabla 3 - Diferencias entre MADM y MODM.....	19
Tabla 4 - Matriz de dominación interfactorial o matriz de influencias genéricas	24
Tabla 5 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 1	25
Tabla 6 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 2	25
Tabla 7 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 3	26
Tabla 8 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 4	26
Tabla 9 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 5	26
Tabla 10 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 6	27
Tabla 11 - Escala Fundamental de Comparación Pareada de Saaty.....	28
Tabla 12 - Homogeneidad de la matriz compareada 1.....	29
Tabla 13 - Homogeneidad de la matriz compareada 2.....	29
Tabla 14 - Comparación de la matriz pareada	29
Tabla 15 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 1.....	31
Tabla 16 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 2.....	31
Tabla 17 - Tabla de ratio de consistencia (CI)	31
Tabla 18 - Ratio de consistencia.....	32
Tabla 19 - Ejemplo de cálculo de prioridad entre componentes.....	33
Tabla 20 - Supermatriz ponderada	33
Tabla 21 - Supermatriz ponderada final	33
Tabla 22 - Supermatriz límite.....	34
Tabla 23 - Principales actividades SRM 1.....	36
Tabla 24 - Principales actividades SRM 2.....	36
Tabla 25 - Etapas del proceso SD	40
Tabla 26 - Clasificación de las técnicas de toma de decisión.....	41
Tabla 27 - Criterios identificados por Dickson	42
Tabla 28 - Criterios de proceso SS.....	42
Tabla 29 - Criterios en el proceso SE.....	43
Tabla 30 - Fases de implementación SD	44
Tabla 31 - Dimensiones y criterios adoptados en SD.....	46
Tabla 32 - Dimensiones y criterios adoptados en SD.....	47

Tabla 33 - Criterios adoptados por Vana (2014)	49
Tabla 34 - Criterios adoptados por Amin y Razmi (2009)	50
Tabla 35 - Cluster adoptado por Omurca (2013)	50
Tabla 36 - Criterios adoptados por Omurca (2013)	50
Tabla 37 - Criterios adoptados en SS por Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006)	51
Tabla 38 - Criterios adoptados en SE por Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006)	51
Tabla 39 - Criterios adoptados por Lima-Junior, Roza-Carvalho, Ribeiro-Carpinetti (2016)	52
Tabla 40 - Criterios adoptados por Guarnieri dos Santos (2012)	53
Tabla 41 - Criterios adoptados por Le et al. (2001)	54
Tabla 42 - Criterios adoptados Zhu et al. (2010)	54
Tabla 43 - Criterios según Park et al (2010)	55
Tabla 44 - Criterios adoptados en Araz (2007)	55
Tabla 45 - Criterios adoptados por Guarnieri y Teixeira de Almeida (2016)	56
Tabla 46 - Criterios adoptados por Guarnieri (2014)	56
Tabla 47 - Cuadro resumen de bibliografía revisada	57
Tabla 48 - Relación de nivel de integración con los procesos de gestión de proveedores	62
Tabla 49 - Matriz interfactorial propuesto en el trabajo	65
Tabla 50 - Unweighted Supermatriz sin comparación pareada	68
Tabla 51 - Cuestionario en Superdecision	69
Tabla 52 - Supermatriz original	70
Tabla 53 - Supermatriz Ponderada	71
Tabla 54 - Supermatriz limite	72
Tabla 55 - Prioridades del problema de decisión	73
Tabla 56 - Indicadores con sus respectivas perspectivas	76

Resumen

En los días actuales, una toma de decisión rápida y eficiente se ha convertido en unos de los principales factores para mantener la ventaja competitiva de grandes empresas. Los constantes cambios del mercado y especificaciones del cliente han obligado a muchas empresas a esforzarse para lograr el cumplimiento de todos los objetivos organizacionales. Pero que a lo largo del tiempo, estos objetivos se han incrementado y se han convertido, en la mayoría de las veces, conflictivos entre sí. Dificultando así el trabajo de aquellos que realizan importantes tomas de decisiones en el mundo de los negocios.

En este trabajo se presenta el desarrollo de una metodología en la que se integra la selección, evaluación y el desarrollo del proveedor como la mejor práctica de gestión de proveedores en una empresa. Esta nueva herramienta se basa en la metodología ANP (Analytic Network Process), una de las más utilizadas en la teoría de decisión multicriterio, además se permite obtener un análisis más profundo de las alternativas propuestas. Por ende, tiene el objetivo de ayudar los directivos a hacer una toma de decisión estratégica frente a los proveedores y analizar si los mismos están alineados con la empresa y en la cadena de suministro, evaluando así su capacidad de convertirse o de mantenerse como aliados en negocio.

Abstract

Now a day, a fast and efficient decision-making has become one of the most important criteria to maintain the competitive in companies. The constant changes in the market and customer specifications have forced many companies to achieve the fulfillment of all organizational objectives. However, these objectives have increased and become, in most cases, conflicting with each other. That's makes more difficult to those who must take important decisions in the business world.

This paper presents a new framework that integrates the supplier selection, evaluation and development as the best practice of supplier management in the company. This new methodology is based on the ANP methodology (Analytic Network Process), one of the most used in multicriteria decision-making, and it allows a deeper analysis of elements. Therefore, the principal goal of this investigation is help managers to make a strategic decision about their suppliers and analyze it if they are really integrated in company and supply chain requirements, thus evaluating their ability to become partner business.

Palabras clave

- Selección de proveedor;
- Evaluación de proveedor;
- Desarrollo de proveedor;
- Gestión de proveedores;
- Gestión de relaciones de proveedores;
- Teoría de decisión multicriterio;
- Multi criteria decision making;
- Analytic Network Process;
- Integración selección, evaluación y desarrollo del proveedor;
- SuperDecision Software.

1 Introducción

En los días actuales la gestión de proveedores ha tomado otro rol en las grandes empresas, dado que la selección y desempeño del proveedor puede afectar directamente en toda la cadena de suministro y en la reputación de la empresa si ésta no cumple con las exigencias de sus clientes. Cada vez más compradores y directivos están estableciendo los objetivos estratégicos a largo plazo en el momento de evaluar un proveedor y considerarlo en la cartera de proveedores en la empresa. Tener una visión global y del tipo estratégico se ha convertido en una característica imprescindible si la empresa desea tener una ventaja competitiva frente a sus competidores.

Para ello, muchos profesionales están apoyándose en metodologías de toma de decisión para revisar cuáles son los aspectos o criterios que se deben tener en cuenta en la gestión, con el propósito de sacar un mayor beneficio con las relaciones del proveedor con la empresa.

Este trabajo de fin de máster presenta un método para la gestión de proveedores, en donde se identifican los criterios más importantes de los procesos de selección, evaluación y desarrollo del proveedor para construir un modelado ANP y verificar el nivel de integración de un proveedor a la empresa. Esta metodología permite que los directivos entiendan mejor como influyen los criterios y las relaciones entre los elementos del problema de decisión, por lo que permite tomar una decisión de manera estructura para mejorar la confiabilidad de esta decisión, y que principalmente, aporte valor a la organización.

La estructura del proyecto se compone por los siguientes capítulos. En el apartado 2 se comenta las consideraciones generales del trabajo, siendo la problemática, las hipótesis de la investigación, los objetivos, las estrategias de investigación y la motivación para el desarrollo del proyecto. A continuación, en el apartado 3 se realiza el estado del conocimiento en que se muestra los principales conceptos y clasificaciones de la teoría de decisión multicriterio y de la metodología ANP, aparte de abordar los procesos clave en la gestión de proveedores y como dicha gestión es citada en la literatura actual. En el apartado 4 se presenta el estado de arte en que se muestra los trabajos académicos y artículos científicos que han aplicado técnicas de decisión en la gestión de proveedores, analizando los diferentes tipos de criterios y metodologías empleadas por los autores. En el apartado 5 se explica la elección y justificación del software más adecuado y el desarrollo de la metodología en Superdecision. Una vez ejecutado dicho modelado en el programa informático, los resultados obtenidos son analizados en el capítulo 6. En el apartado 7 se presenta la validación de la metodología propuesta de este trabajo en base a su desarrollo. Por último, en el apartado 8 se presentan las conclusiones y las líneas futuras de investigación identificadas.

2 Consideraciones generales

2.1 Problemática de la investigación

Sarache-Castro, Castrillón-Gómez y Ortiz-Franco (2009, p.148) comenta que en la revisión de la literatura son abundantes “las revistas especializadas consultadas se dedican a la exposición de métodos de diversa índole para seleccionar o evaluar proveedores. En contraste, son escasos aquellos autores dedicados a estudiar la gestión de proveedores desde el enfoque de la gestión estratégica”. Los autores también afirman que la gestión de proveedores es un tema muy comentado en los estados de arte, pero que no han encontrado una investigación con el enfoque integrador que sirva como un guía a los profesionales en la gestión empresarial e investigadores del campo de actuación.

Además muchos investigadores han publicado artículos sobre la selección de proveedores, pero que en la mayoría de estas publicaciones, la selección, la evaluación y el desarrollo del proveedor tienen el mismo significado en la revisión bibliográfica (Amin y Razmi, 2009), mientras que otros investigadores se han centrado en publicar la selección, la evaluación y el desarrollo por separados. Por lo que es importante hacer un modelo integrado de gestión de proveedores para completar la laguna que existe en la literatura. (Amin y Razmi 2009; Omurca 2013).

La investigación en este presente trabajo busca tratar los tres procesos desde una perspectiva integrada para hacer una gestión de proveedores eficiente. Asimismo en todos los artículos recopilados, incluyendo los que abordan la integración de estos tres procesos, se basan en la elección de un proveedor como alternativa final en las metodologías de teoría de decisión multicriterio. Debido a estas circunstancias se desarrolla una metodología en que se permite verificar el nivel de integración del proveedor a la empresa, y no la selección del proveedor como es abordado actualmente en los principales artículos científicos. También se ve la necesidad de diseñar un procedimiento de implementación así como estructurarlo con los pasos de aplicación.

2.2 Hipótesis de la investigación

La integración de los procesos de la gestión de proveedores mediante el desarrollo de la metodología de teoría de decisión multicriterio permite que el decisor tome decisiones estratégicas que aporte valor a la organización, mejorando así su ventaja competitiva y evaluando la capacidad del proveedor convertirse en aliado en negocio.

2.3 Objetivos

Por medio de la investigación y desarrollo de la metodología de este presente trabajo, se ha dividido los objetivos en dos partes: generales y específico. En el primero se centra en el principal propósito del trabajo de fin de máster, mientras que el segundo se incluye los principales aspectos que han sido considerados para lograr el objetivo general.

2.3.1 Objetivo general

El objetivo general del trabajo se centra en desarrollar una metodología de teoría de decisión multicriterio ANP en la que se integra las principales actividades de la gestión de proveedores, siendo la selección, evaluación y el desarrollo del proveedor, analizando si los mismos están alineados con los objetivos estratégicos de la empresa, aparte de realizar una evaluación continua sobre cuáles

aspectos el proveedor debe mejorar para que cumplan con las especificaciones y los requerimientos de la organización.

2.3.2 Objetivos específicos

En este punto se ha considerado 6 objetivos específicos más relevantes para alcanzar el objetivo general, que pueden ser consultados y observados a lo largo de la redacción de este trabajo. Por lo que se ha identificado los siguientes:

- Introducir principales conceptos, clasificación y procesos de la teoría de decisión multicriterio de manera general;
- Elegir la metodología idónea para la realización de una gestión de proveedores eficiente;
- Realizar un guía explicando las etapas y los cálculos de las matrices que se debe seguir en la implementación de la metodología ANP;
- Guía de construcción del problema de decisión a través del software Superdecisions.
- Identificar los procesos clave en la gestión de proveedores para el desarrollo de la metodología;
- Realizar un estudio sobre la aplicación de la teoría de la decisión multicriterio en la gestión de proveedores.

2.4 Estrategia de investigación

En el desarrollo de la investigación se tiene como estratégica consultar fuentes reconocidas académicamente e importantes revistas científicas de la actualidad, así como estudiar los autores que tengan conocimiento o experiencia con esta metodología para adecuarla en la gestión de proveedores. Se averigua los criterios que sean más significativos para desarrollar el modelado de manera estratégica. Además se consulta autores que han aplicado el ANP en otros tipos de gestión, principalmente aquellos que lo han aplicado en la gestión de la cadena de suministro, ya que la misma sirvió como punto de partida para el planteamiento de este trabajo.

2.5 Motivación para el desarrollo del trabajo

Hoy en día hay innumerables bases de datos para la gestión de proveedores, pero no son aprovechadas a un 100%, eso se debe a la cantidad de datos y mala interpretación por parte del decisor y del analista final. Al realizar un modelado, o cualquier otro tipo de metodología dentro de la teoría de decisión multicriterio, se obliga a pensar sobre qué se quiere evaluar, bajo a cuales criterios y características, cuales son los ajustes necesarios para llegar al rendimiento máximo y qué tipo de estrategia se debe considerar para realizar el planteamiento del problema de decisión de manera estructurada. Desde el punto de vista académico, la teoría de decisión multicriterio es una poderosa herramienta cuyo uso se debe incentivar en las grandes empresas, grupos de investigadores y entre los estudiantes, aplicándolos en cualquier tipo de gestión, procesos y áreas de negocio.

Como motivación personal se ha elegido el desarrollo de este trabajo dado que he estado trabajando en el departamento de compras y conozco de cerca el papel que desempeñan los proveedores en las grandes empresas.

Aunque el proveedor sea el culpable en la inconformidad de piezas o servicios, la empresa será responsable de los daños ocasionados al cliente final. Dentro de mi breve experiencia laboral en el sector de automoción, el departamento de compras debe evitar que eso suceda enfocando sus actividades en la parte estratégica y con una visión global de toda la cadena de suministro, y no en tareas administrativas y burocráticas que se suelen ocurrir frecuentemente. Asimismo, muchas veces

el proveedor es tratado de manera equivocada por los directivos y compradores, que no plantean en establecer una relación de confianza y colaboración mutua en las que las dos partes deben ganar. Además se debe aprovechar el “know-how” del proveedor para mejorar procesos, productos y servicios, y para eso, solo es posible si ellos establecen algún tipo de relación a largo plazo. Como motivación profesional la gestión de proveedores puede ser aplicada en cualquier tipo de empresa, desde las más pequeñas hasta importantes multinacionales, y en diferentes áreas de negocio. Solo basta tener una persona o un equipo que tenga como objetivo en común en desarrollar la implementación de una correcta gestión de los proveedores, considerando toda cadena de suministro y el “win-win” entre las dos partes. Por ende, es una rama en la que me gustaría dedicar en un futuro muy próximo.

3 Estado del conocimiento

3.1 La toma de decisión multicriterio

En este presente trabajo se ha desarrollado una nueva metodología en la gestión de proveedores basado en la teoría de decisión multicriterio, también conocido por sus términos en inglés *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) y *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), por lo que es importante hacer una definición de los principales conceptos del proceso de toma de decisiones y explicar cómo son clasificados para mejorar la comprensión del tema tratado, y así profundizar con más claridad en la metodología principal: *Analytic Network Process* (ANP).

De acuerdo con Moreno-Jiménez citado por Bellver-Aznar y Guijarro-Martínez (2012) se entiende por decisión multicriterio como “el conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es, a mejorar la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión, y a incrementar el conocimiento de los mismos (valor añadido del conocimiento)”. (p. 19)

Antes de empezar a describir los principales factores, se define algunos elementos básicos de la teoría de decisión multicriterio, dado que en la literatura de este trabajo se lo comenta con bastante frecuencia. Según Baptista-Carillo (2012) ha definido los principales conceptos de la siguiente manera:

Tabla 1 - Continuación

Elemento	Definición
Decisor	Individuo o conjunto de individuos interesados en el problema de decisión que tienen la responsabilidad de tomar la decisión (Ríos et al., 1989)
Analista	Es la persona que modela la decisión concreta y que, eventualmente, transmite recomendaciones relativas a la decisión final. Se limita a recoger las preferencias del decisor y a tratarlas de la manera más objetiva posible.
Ambiente o entorno	Es el conjunto de características que definen perfectamente la situación de decisión respecto al entorno; se denomina estado del ambiente o de la naturaleza. (Ríos et al., 1989)
Criterio	<p>Son elementos de referencia con base en los cuales se realiza la decisión. Se denotan en un conjunto $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$. Los criterios engloban los siguientes conceptos:</p> <p><i>Objetivo</i>: Indica la dirección en la que la unidad decisora debería esforzarse para hacer las cosas mejor.</p> <p><i>Atributos</i>: Son las características que definen las alternativas y miden el grado de alcance o cumplimiento de un objetivo.</p> <p><i>Meta</i>: Se define como el valor que cuantifica un nivel de logro aceptable que un atributo debe esforzarse por alcanzar (Romero, 1993)</p>
Pesos	Son las medidas de la importancia relativa que los criterios tienen para el decisor. Asociados con los criterios, se asigna un vector de pesos $w = [w_1, \dots, w_n]$, siendo n el número de criterios (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

Elemento	Definición
Alternativas	El conjunto finito de soluciones, estrategias, acciones o decisiones posibles que hay que analizar durante el proceso de resolución del problema de decisión (Vincke, 1992). Se asigna un vector por $A = \{A_1, \dots, A_m\}$, donde A_i ($i = 1, \dots, m$).
Solución eficiente o Pareto óptima	Conjunto de soluciones que es eficiente cuando está formado por soluciones factibles tales que, no existe otra solución factible que proporcione una mejora en un atributo, sin producir un empeoramiento en al menos otro de los atributos (Romero, 1993)

Tabla 1 – Conceptos de los elementos de teoría de decisión multicriterio. Fuente: (Baptista-Carrillo, 2012, p. 46)

3.1.1 Fundamento de la toma de decisión

Según Robbins, DeCenzo y Moon (2009) la toma de decisión ha sido considerada por el simple hecho de elegir una alternativa entre un conjunto de muchas alternativas. No obstante, para realizar la elección de la alternativa, y de manera correcta, es necesario seguir un proceso sistemático para que la toma de decisión sea lo más eficiente posible. El proceso de toma de decisión consiste en los siguientes pasos: (I) Identificar un problema, (II) Identificar de los criterios de decisión, (III) Asignar los valores a los criterios, (IV) Desarrollar alternativas, (V) Analizar las alternativas, (VI) Elegir una alternativa, (VII) Implementar la alternativa, (VIII) Evaluar la eficacia de la decisión. (Fig. 1)

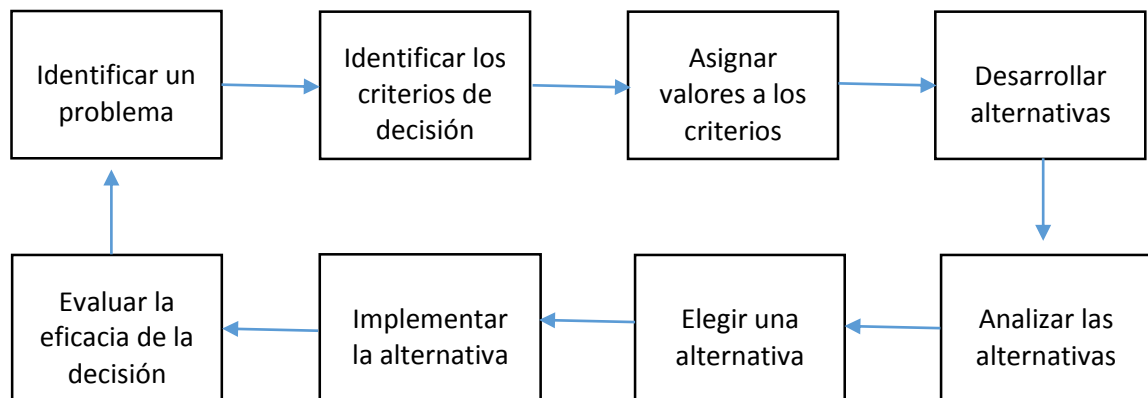


Figura 1 - Etapas en el proceso de decisiones Fuente: (Robbins et al., 2009 p.101)

El decisor puede basarse en las etapas del proceso de toma de decisiones (Fig. 1) y los supuestos de racionalidad (Fig. 2) para estructurar los problemas que sean relativamente sencillos y que no requieren un grado de exigencia en la elección de la alternativa.

- El problema es claro, sin ambigüedad
 - Se debe alcanzar una sola meta definida
 - Se conocen todas las alternativas y consecuencias
 - Las preferencias son claras
 - Las preferencias son constantes y estables
 - No hay restricciones del tiempo ni coste
 - La elección final maximizará el rendimiento económico
- Conducen a una toma de decisión racional

Figura 2 - Supuestos de racionalidad Fuente: (Robbins et al., 2009 p. 104)

La toma de decisión con estas características implica que el decisor conozca todos los resultados de las alternativas propuestas teniendo en cuenta un entorno de certidumbre para el planteamiento del problema de decisión. Sin embargo, en los días actuales, los gerentes y/o directivos de grandes empresas y organizaciones son obligados a tomar una decisión ante una gran cantidad de información, bajo condiciones de incertidumbre y riesgo. Además, los supuestos de racionalidad raras veces son utilizados porque, aunque el entorno presente un ambiente de certidumbre, los supuestos suelen ser contradictorios entre sí.

Otro inconveniente que afecta al proceso de toma de decisión es el factor humano. Robbins et al. (2009) comenta: “La persona que toma una decisión, si fuera perfectamente racional, tendría que ser totalmente objetiva y lógica. Definiría un problema con cuidado y tendría una meta clara y específica.” (p. 104). No obstante, la mayoría de las personas tienen dificultades de asimilar inmensas cantidades de información para llegar a una solución óptima. Según Simon (citado en Robbins et al., 2009) afirma que encontró algunos comportamientos en los gerentes, llamándolo de racionalidad limitada en el proceso de la toma de decisiones. En muchas ocasiones los decisores eligen una alternativa suficientemente buena, en lugar de hacer elegir una alternativa óptima. Aparte de reducir el problema en dimensiones para mejorar el entendimiento y acelerar el proceso de toma de decisión cuando se presenta inúmeros criterios, conllevando así, en la elección de una alternativa que no maximice la meta propuesta.

Aparte de la limitación humana frente a los problemas de decisión, los autores Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez (2012) explican que muchas veces los empresarios solo tienen en cuenta la elección de la alternativa en función a un único objetivo, como por ejemplo obtener el mayor beneficio en la empresa. Sin embargo, una empresa que enfrenta los problemas reales debe elegir una alternativa teniendo en cuenta varios objetivos a la vez, y que en la mayoría de las veces, suelen ser contradictorios entre sí. Un ejemplo de esta contradicción es: “Obtener un porcentaje de beneficios sobre ventas, incrementando las ventas sin sobrepasar su capacidad productiva, y con un incremento de costes que no supere un porcentaje determinado para no tener que incrementar su plantilla de personal.” (Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012, p. 19). Estas explicaciones nos da una mejor comprensión de lo que se enfrentan las grandes organizaciones y de la complejidad de un proceso de toma de decisión.

Debido a las dificultades, la teoría de decisión multicriterio ha surgido con el propósito de auxiliar al decisor hacer una toma de decisión, evitando la limitación humana en el proceso y manejando varios objetivos a la vez. Conforme Mardani et al. (2015) la complejidad de hacer una toma de decisión que cumpla con todos los objetivos propuestos resultó en un incremento en la aplicación de diferentes metodologías para evaluar estos objetivos contradictorios de manera más eficiente.

A lo largo del tiempo el uso de las metodologías de teoría de decisión multicriterio ha tenido un crecimiento muy significativo en diversos campos de actuación. Mardani et al. (2015) ha recopilado informaciones de las principales revistas científicas del año 2000 hasta el año 2014, en el cual se ha identificado 15 áreas de aplicación. Su incremento está relacionado directamente por el hecho de ser flexible y ajustable, pudiendo ser aplicados en diversas áreas de gestión y sectores industriales.

Tabla 2 - Continuación

Áreas de aplicación	Número de artículos	Porcentaje (%)
Energía, medio ambiente y sostenibilidad	53	13,49
Gestión de la cadena de suministro	23	5,85
Materiales	21	5,34

Áreas de aplicación	Número de artículos	Porcentaje (%)
Gestión de Calidad	12	3,05
GIS	14	3,56
Construcción y gestión de proyectos	18	4,58
Gestión de riesgo y seguridad	14	3,56
Sistema de manufactura	32	8,14
Gestión de tecnología de información	25	6,36
Investigaciones operativas y <i>soft computing</i>	109	27,74
Gestión estratégica	8	2,04
Gestión del conocimiento	5	1,27
Gestión de la producción	18	4,58
Gestión del turismo	11	2,8
Otros campos	30	7,63
Total	393	100

Tabla 2 - Áreas de aplicación de teoría de decisión multicriterio Fuente: (Adaptado de Mardani et al, 2015)

En este presente trabajo se da una mayor atención en uno de los campos de aplicación identificado por el autor, el área de gestión de la cadena de suministro. En este punto específico se clasifica sub-procesos de aplicación en las publicaciones más recientes: Desempeño del proveedor; Selección del proveedor; Calidad del proveedor; Logística del proveedor; Proceso de la cadena de suministro; Gestión de la cadena de suministro sostenible. (Mardani et al., 2015)

3.1.2 Clasificación de un proceso de decisión y de la teoría de decisión

Como ya se ha comentado antes, el decisor tendrá que hacer la elección de la mejor alternativa. No obstante, es importante resaltar que la calidad de los resultados de las alternativas propuestas depende directamente de cómo los datos son interpretados e introducidos para describir el problema de decisión (Taha, 2004), por lo que es conveniente conocer los distintos ambientes en que se puede desarrollar un proceso decisional. Según Taha (2004) y Córdoba (2004) el proceso de toma de decisión es clasificado en tres tipos de ambientes:

Toma de decisión bajo certidumbre: Todos los datos son conocidos y bien definidos por el decisor. Se conoce todas las alternativas, los posibles resultados del proceso de la toma de decisión y del planteamiento del problema.

Toma de decisión bajo riesgo: Se conoce las posibles alternativas, pero los posibles resultados pueden mostrarse de distintas maneras. Los datos pueden describir con distribuciones de probabilidades, por lo tanto se trataría de un problema estocástico y apto de ser probabilizable.

Toma de decisión bajo incertidumbre: Se conocen las alternativas, pero que los posibles resultados pueden mostrarse de distintas maneras, también no se trataría de un problema probabilizable ya que se desconoce totalmente la ley de probabilidad por la que se rige. Tampoco los datos podrán ser asignados a pesos y factores de ponderaciones.

La teoría de decisión se puede clasificar de dos maneras, cuando el decisor tiene que tomar una decisión bajo un único objetivo, se llama un problema de decisión **monocriterio**. Mientras que cuando el decisor tiene que tomar una decisión bajo varios objetivos, el problema de decisión se llama **multicriterio**. (Córdoba, 2004).

Dado que en este trabajo se presenta un problema de decisión del tipo multicriterio, a continuación se muestra como son clasificados. Asimismo, en la revisión bibliográfica se ha podido observar que la sigla de la teoría de decisión multicriterio en inglés, el MCDM, se utiliza como un término genérico en varias metodologías que existen actualmente. (Mardani et al., 2015). También cabe señalar que los términos MCDM (o MCDA) y MADM se usan con el mismo significado en la literatura, por lo que puede generar cierta confusión. Por estos motivos, se intenta llegar a una aproximación de cómo son clasificados distintos métodos de la teoría de decisión multicriterio en los días actuales.

De acuerdo con He, Wang y Huang (2016) y Babu, Raju, Reddy y Rao (2006), el MCDM son clasificados en dos categorías:

1. Métodos de toma de decisión multiatributo (*Multi-Objective Decision Making - MODM*)
2. Métodos de toma de decisión multiobjetivo (*Multi-Attribute Decision Making - MADM*)

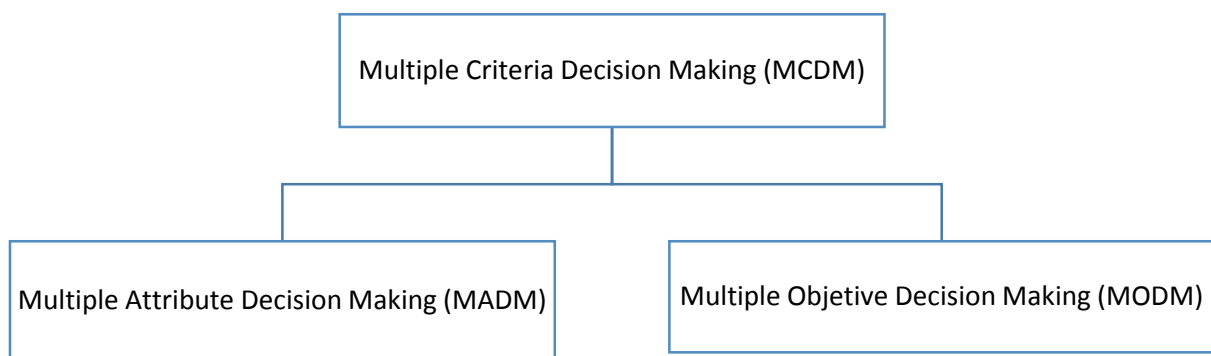


Figura 3 - Clasificación MCDM Fuente: (He et al., 2016)

En la tabla 3 se presenta una pequeña comparación entre las dos metodologías con sus principales diferencias.

Indice	MADM	MODM
Tipo de criterio	Atributos	Objetivos
Propiedad de criterio	Implícito y no directamente relacionado con las alternativas	Explícito y directamente relacionado con las alternativas
Restricciones	Fijo y combinados con atributos	Cambiado y explícito
Propiedad alternativa	Finito y discreto	Infinito y continuo
Aplicación	Selección y clasificación	Diseño

Tabla 3 - Diferencias entre MADM y MODM Fuente: (He, Wang y Huang, 2016).

Los métodos **MODM** son utilizados para solucionar problemas de decisión del tipo **continuo**, en el que un conjunto de soluciones factibles es formado por infinitos puntos, por lo que puede presentar un número de alternativa infinita. (Córdoba, 2004; Romero, 1993). Además, el MODM es la optimización de las posibles alternativas basándose en los objetivos, y que los diseños de las alternativas son definidas por programación matemática (Babu et al., 2006). También se afirma (Kahraman y Çebi, 2009) que MODM no se predetermina las alternativas, sino que el tomador de decisión deberá diseñar la alternativa que más se aproxime con todos los objetivos.

Los métodos **MADM** son utilizados para resolver problemas de decisión del tipo **discreto**, siendo que el número de alternativas no es muy elevado, siendo así se considera finito. (Córdoba, 2004; Romero, 1993). Se basa en la elección de la alternativa bajo una serie de criterios, y los diseños de las posibles alternativas son definidos por jerarquía. (Babu et al., 2006). Además está asociado con el problema

decisión en la que el decisor deberá seleccionar y/o clasificar un plan de acción entre las alternativas ya predeterminadas. (Kahraman y Çebi, 2009).

Cabe destacar que las metodologías del MODM también son aplicables en los problemas de decisión del tipo discreto, no obstante, se han creado varias metodologías especialmente para este tipo de problema. (Romero, 1993).

En la figura 4 se presenta la clasificación del MCDM, incluyendo cómo son agrupados con sus respectivas metodologías. Vale resaltar que existen innumerables metodologías que no están representadas en esta ilustración, pero los que han sido puestos en este ejemplo tienen mayor aplicación y son los más conocidos en los días actuales. También se puede apreciar las distintas metodologías en los apartados 3.2.4.1, 3.2.4.2, 3.2.4.3 de este trabajo.

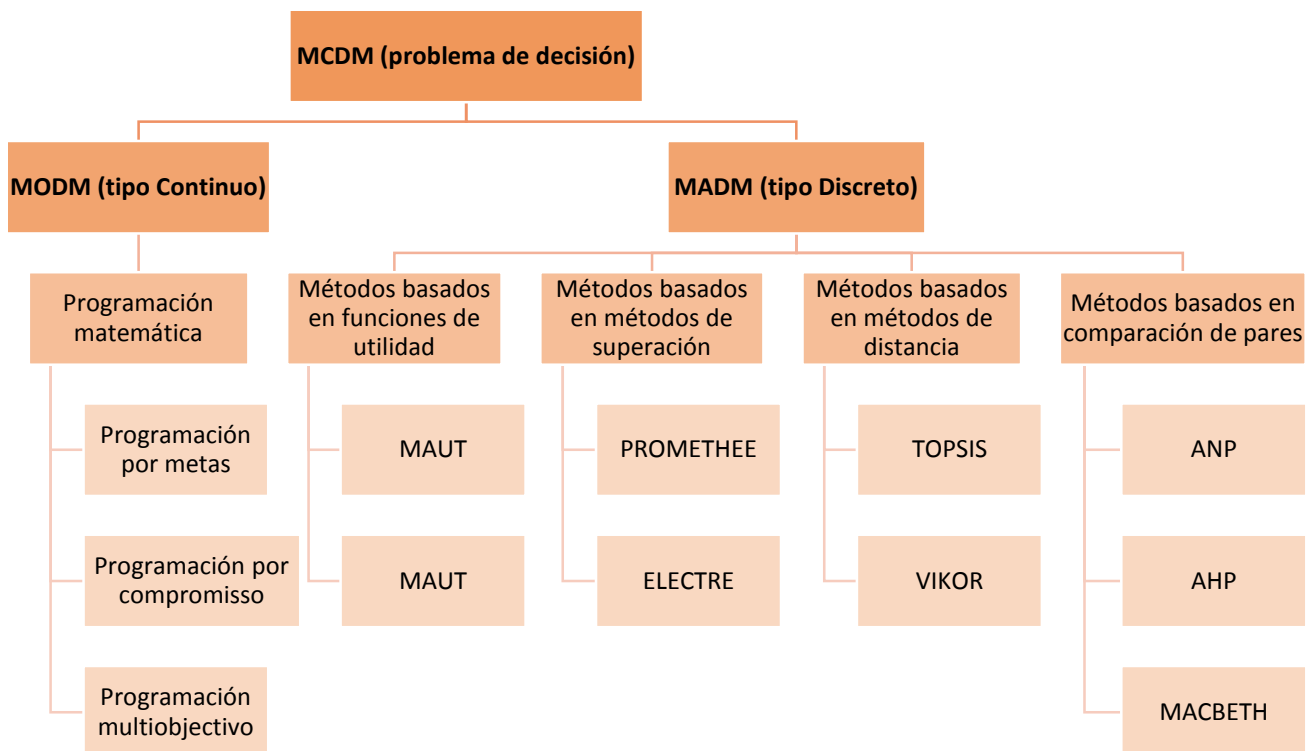


Figura 4 – Clasificación de metodologías MCDM Fuente: (Adaptado de Brito y Evers, 2016; Baptista-Carrillo, 2012)

Por ende, se puede deducir que la metodología presentada en este trabajo, el ANP, pertenece a:

1. Los métodos son basados en comparación de pares, por lo que se determina la comparación de criterios preguntando cuáles son los más importantes entre ellos y contestando por medio de una escala ya predeterminada. (Brito y Evers, 2016)
2. El problema de decisión es del tipo discreto, que ya ha sido explicado anteriormente.
3. Es un problema de decisión multicriterio, o sea, presenta varios objetivos a la vez que se quiere llegar a un consenso.
4. El ambiente de la toma de decisión es bajo certidumbre, debido a que se conoce todas las alternativas y los posibles resultados.

3.1.3 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Primeramente se presenta una breve reseña de la metodología *Analytic Hierarchy Process* (AHP) antes de profundizar con las definiciones y etapas de construcción del *Analytic Network Process* (ANP). El principal motivo de estructurarlo de esta manera es para que se entienda los diferentes tipos de análisis entre las dos metodologías, puesto que dichas diferencias han influenciado directamente en la elección del método propuesto en este trabajo.

Conforme Saaty (citado por Moreno-Jimenez, s.f) la técnica de decisión multicriterio AHP fue desarrollado en la década de los 80 con el propósito de mejorar el proceso de toma de decisión con múltiples criterios, que en la mayoría de las veces suelen ser conflictivos entre sí. También los mismos autores comentan que el AHP es “una técnica que permite la resolución de problemas de toma de decisión multicriterio, multientorno y multiactores, incorporando en el modelo los aspectos tangibles e intangibles, así como el subjetivismo y la incertidumbre propia del proceso de toma de decisiones.” (p. 11).

La representación del problema de decisión en AHP es por medio de una estructura jerárquica, en la que se aprecia en la figura 5. Está compuesto por el objetivo (1º nivel), criterios (2º nivel), subcriterios (3º nivel) y alternativas (4º nivel), siendo que el objetivo es la meta que se pretende alcanzar y las alternativas son las posibles soluciones del problema planteado.

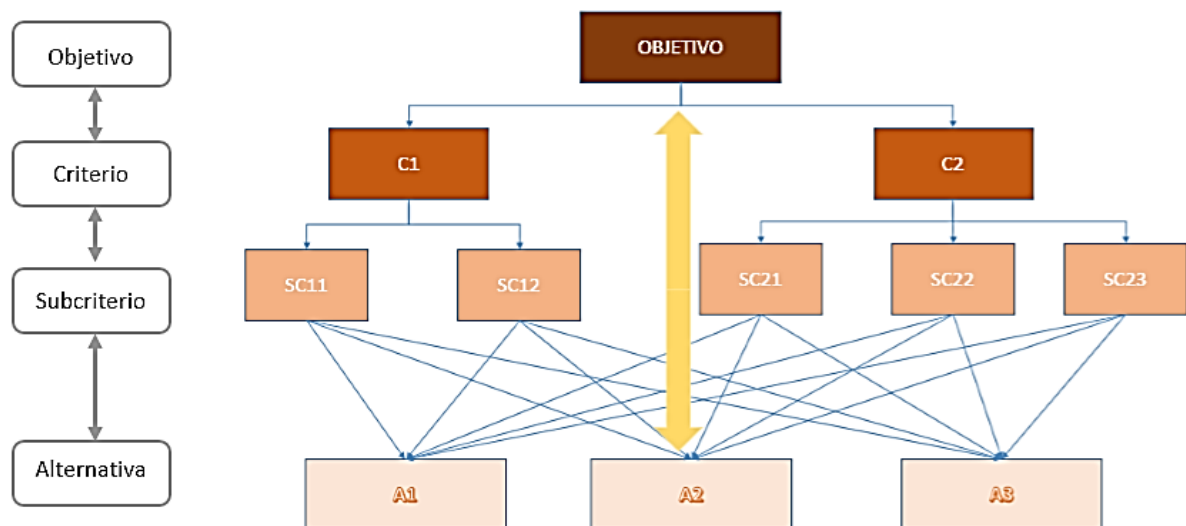


Figura 5 – Estructura jerárquica del AHP Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

Según Aznar-Bellver (2012), la configuración del método AHP es unidireccional, es decir, las relaciones entre los distintos elementos son siempre de abajo hacia arriba y no se considera las relaciones e interdependencia de los elementos entre sí.

Por este motivo, se supone que es un gran inconveniente a la hora de hacer un análisis más profundo entre criterios y alternativas, dado que en algunas situaciones cotidianas la relación entre todos los elementos es esencial para elegir una alternativa que sea eficiente. Baptista-Carillo (2012) también comenta que puede ser muy arriesgado aplicar la metodología AHP por el hecho de que se simplifica demasiado la realidad. Por lo tanto se ha considerado que el método AHP no es lo más adecuado para desarrollar una metodología, en el cual se tiene como propósito en hacer una correcta gestión de proveedores. Las principales diferencias y las ventajas/inconvenientes entre las dos metodologías se observa con mayor profundidad en el apartado 3.1.6.

3.1.4 Analytic Network Process (ANP)

El ANP, también llamado de Proceso Analítico en Red, es una generalización del AHP. Actualmente se considera una herramienta más completa que el AHP, dado que se permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre todos los elementos (criterios y/o alternativas). En la figura 6 se presenta cómo se relacionan los elementos en el método ANP dentro de la estructura jerárquica AHP, y así se puede ver las diferencias entre las dos metodologías. (Aznar-Bellver, 2012)

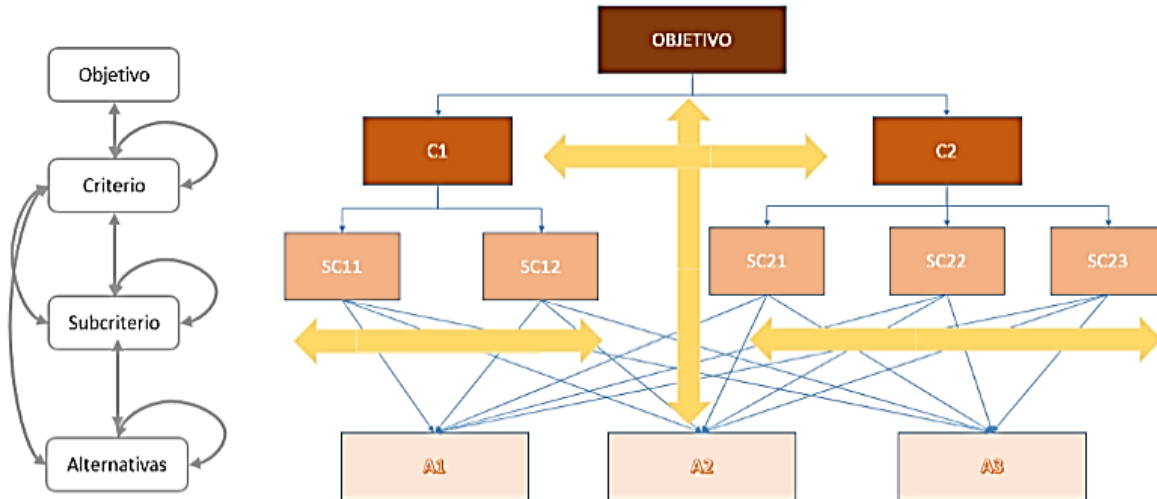


Figura 6 - Relación entre elementos en ANP en la estructura jerárquica AHP Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver, 2012)

Unas de las diferencias entre los métodos es que el ANP tiene una estructura en red y no jerárquica como en el método AHP (Figura 7). Su estructura está formado por varios componentes, también llamados de nodos o clúster, siendo que dentro de cada componente contiene una serie de elementos agrupados. La conexión entre los componentes se llama interdependencia, mientras que la realimentación es definida por las relaciones entre los elementos dentro del mismo componente. (Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012).

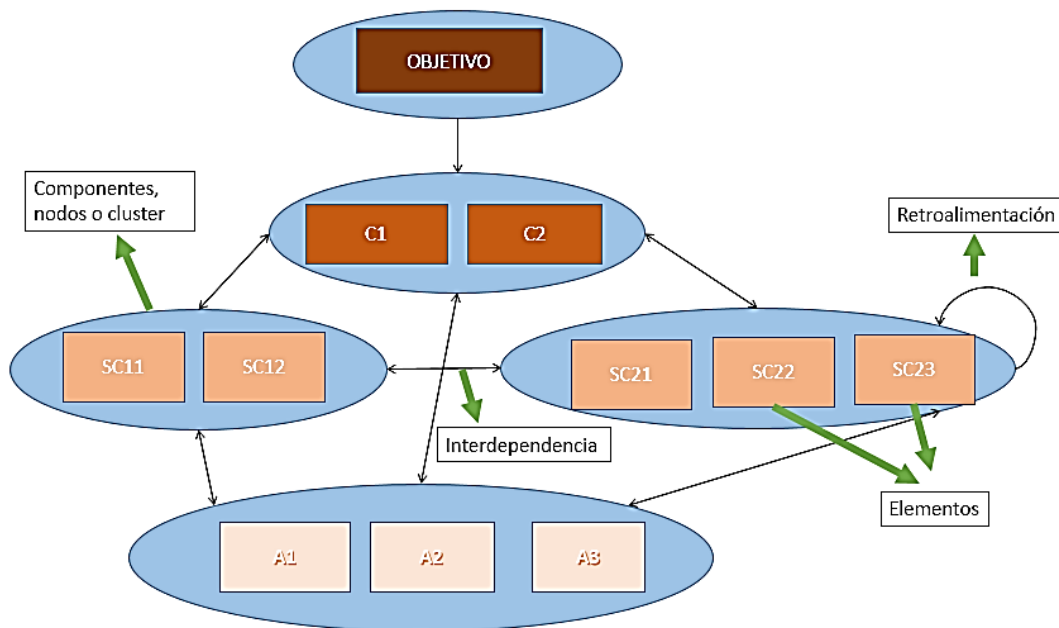


Figura 7 - Estructura en red ANP (Fuente: Adaptado de Aznar-Bellver, 2012)

3.1.4.1 Ventajas de Analytic Network Process (ANP)

Según Zhu, Dou y Sarkis (2010, p. 309) la metodología ANP ofrece una ventaja frente a las limitaciones de la metodología AHP en la que se aprecia a continuación:

- Presentan más ventajas que otras técnicas de decisión, como el DEA, *Expert System*, *Goal Programming*, etc.
- Su estructura mejora la comprensión de gestión y la transparencia de la técnica, tampoco es complicado para desarrollar el modelado.
- Los criterios cualitativos y cuantitativos pueden ser introducidos en el problema de decisión.
- Puede resultar valiosa para ayudar a múltiples partes (partes interesadas o *Stakeholders*) a llegar a una solución común debido a su estructura, y si es implementado adecuadamente, puede utilizarse como una herramienta de consenso.

Un ejemplo muy claro de las diferencias entre el AHP y ANP son definidas por los autores Zhu et al, (2010). Vamos a suponer que se quiere evaluar el rendimiento del proveedor considerando tres criterios: Coste, calidad y tiempo. En la metodología AHP se pregunta “¿cuánto más importante es el coste en comparación con la calidad con respecto al desempeño del proveedor?”, mientras que en la metodología ANP se mide la importancia relativa de los criterios preguntando “¿cuánto más importante es el coste en comparación con calidad cuando se evalúa tiempo?”. Por lo tanto, esta posibilidad de evaluación interdependiente resulta en una metodología más ventajoso y flexible en comparación con otras herramientas.

3.1.4.2 Inconvenientes de Analytic Network Process (ANP)

Como cualquier otra metodología, el ANP también presenta algunas limitaciones en la que se aprecia en los siguiente tópicos: (Zhu et al., 2010)

- Si el número de relaciones y criterios son muy elevados puede resultar en una mayor complejidad en los cálculos de las matrices. Pero que se pueden solucionar adoptando una serie de técnicas, incluyendo la aplicación de otras metodologías de teoría de decisión.
- Se debe capacitar al decisor en la que se permita aplicar la metodología de manera más fácil.
- La cantidad de relaciones entre elementos es proporcional al número de preguntas que serán empleadas para definir las influencias de las matrices.

3.1.4.3 Etapas de construcción de ANP

Conforme Saaty (citado por Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012, p. 228) la aplicación de la metodología ANP es necesario seguir cinco pasos en la que se describen a continuación:

Etapa 1: Identificación de los elementos de la red. Alternativas, criterios y construcción de la Red.

Etapa 2: Análisis de la red de influencias. Matriz de dominación interfactorial.

Etapa 3: Cálculo de las prioridades entre elementos. Supermatriz original.

Etapa 4: Cálculo de las prioridades entre componentes. Supermatriz ponderada.

Etapa 5: Cálculo de la Supermatriz límite.

Etapa 1: Identificación de los elementos de la red. Alternativas, criterios y construcción de la Red.

Según Baptista-Carrillo (2012) se debe obtener la mayor cantidad de información referente al problema de decisión. También es imprescindible que el decisor tenga un amplio conocimiento y experiencia en el sector para poder hacer una estructura en red eficiente. Una vez realizada la búsqueda de dichas informaciones se debe modelar el problema de decisión siguiendo dos etapas:

- Identificar los elementos de la red: Los criterios y alternativas.
- Agrupar estos elementos en componentes (o clúster).

Las primeras dos tareas dependerá del conocimiento del decisor y de la información recopilada del problema de decisión. La regla principal es que las alternativas sean agrupadas en un mismo componente, pero que el resto de los elementos de la red deben ser agrupados en componentes conforme la experiencia del decisor y el área de decisión. La siguiente etapa consiste en analizar las relaciones entre los elementos de red a través de la matriz de influencias en la que se muestra a continuación.

Etapa 2: Análisis de la red de influencias. Matriz de dominación interfactorial.

Una vez realizada la primera etapa, el siguiente paso es determinar las realimentaciones entre los elementos y las interdependencias entre los componentes/elementos a través de la matriz de influencias, también llamado de matriz de dominación interfactorial. Esta matriz es una representación estructurada por líneas y columnas de la propia estructura en red ANP y está compuesta en las siguientes características:

- C_1, C_2 y C_m , son los componentes de la estructura en red. Cuanto mayor el número de los componentes, se aumenta las columnas y filas de manera proporcional.
- $e_{11}, e_{12}, \dots, e_m$ son los elementos del componente.
- $A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1m}$ se denomina el bloque de la matriz de dominación interfactorial.

	C1			C2			Cm		
	e11	e12	em	e21	e22	em	em1	em2	emn
e11									
C1	e12	A 11		A 12			A 1m		
	em								
e21									
C2	e22	A 21		A 21			A 2m		
	em								
em1									
Cm	em2	A m1		A m2			A mn		
	emn								

Tabla 4 - Matriz de dominación interfactorial o matriz de influencias genéricas. Fuente:(Adaptado de Baptista-Carrillo, 2012)

Para determinar las relaciones de interdependencia y realimentaciones entre los elementos, se ha seleccionado un ejemplo de Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez (2012) con el propósito de analizar con más profundidad y de manera didáctica estas relaciones y también los cálculos de las matrices en cada etapa de construcción. En este simple ejemplo, la configuración en red ANP presenta dos componentes y son representados por la siguiente matriz interfactorial (Figura 8).

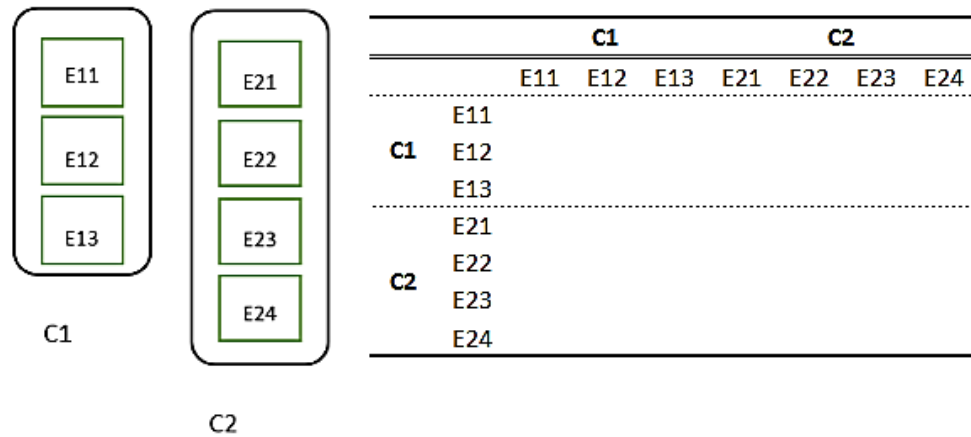


Figura 8 - Ejemplo ANP Fuente: (Adaptado de Bellver-Aznar y Guijarro-Martínez, 2012)

Se determina la influencia entre los elementos por una serie de preguntas en las que se contestan a través de dos numeraciones: 0 o 1. El número “cero” significa que los elementos no influyen entre sí, mientras que el “uno” sí influye. Se debe empezar a clasificarlos bloque por bloque y de manera vertical:

- ¿qué elementos de C1 influyen en el elemento E11? Si E12 y E13 influyen en el elemento de E11, se pondrá el número 1 en las dos casillas correspondientes. El elemento E11 no influye en el mismo, por lo que se coloca el número 0.

		C1			C2			
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24
C1	E11	0						
	E12	1						
	E13	1						
C2	E21							
	E22							
	E23							
	E24							

Tabla 5 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 1 Fuente: (Bellver-Aznar y Guijarro-Martínez, 2012)

- ¿qué elementos de C1 influyen en el elemento E12? Los elementos E11 y E13 sí se influyen, entonces se pondrá el 1 en cada casilla correspondiente y el 0 en la que no se influyen.

		C1			C2			
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24
C1	E11	0	1					
	E12	1	0					
	E13	1	1					
C2	E21							
	E22							
	E23							
	E24							

Tabla 6 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 2. Fuente: (Bellver-Aznar y Guijarro-Martínez, 2012)

3. ¿qué elementos de C1 influyen el e13? Si solo el e12 influye, se pone el número 1 correspondiente en su respectiva casilla y cero en las que no se influyen.

		C1			C2			
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24
C1	E11	0	1	0				
	E12	1	0	1				
	E13	1	1	0				
C2	E21							
	E22							
	E23							
	E24							

Tabla 7 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 3. Fuente:(Bellver-Aznar y Guijarro-Martínez, 2012)

Una vez terminadas el bloque A11, hacer el mismo procedimiento en los elementos del componente C2 sobre los elementos del componente C1 (A21). En la que los elementos:

- E22, E23 y E24 influyen sobre el E11;
- Solo los elementos E21, E22 y E24 influyen en E12;
- Todos los elementos de C2 influyen en E13, siendo ellos E21, E22 y E23.

		C1			C2			
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24
C1	E11	0	1	0				
	E12	1	0	1				
	E13	1	1	0				
C2	E21	0	1	1				
	E22	1	1	1				
	E23	1	0	1				
	E24	1	1	1				

Tabla 8 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 4. Fuente: (Bellver-Aznar y Guijarro-Martínez, 2012)

Enseguida se realiza las influencias de los elementos del componente C1 sobre el componente C2, siguiendo el mismo procedimiento.

		C1			C2			
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24
C1	E11	0	1	0	1	0	1	0
	E12	1	0	1	1	0	1	1
	E13	1	1	0	0	1	1	1
C2	E21	0	1	1				
	E22	1	1	1				
	E23	1	0	1				
	E24	1	1	1				

Tabla 9 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 5. Fuente: (Bellver-Aznar y Guijarro-Martínez, 2012)

Se finaliza la matriz de influencias teniendo en cuenta que los elementos de C2 no tienen influencia sobre ellos mismo, que es este caso, están diciendo que no hay influencias entre las alternativas del problema de decisión. Después de conocidas todas la influencias entre elementos y completar la matriz de dominación interfactorial, ir a la siguiente etapa.

		C1			C2			
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24
C1	E11	0	1	0	1	0	1	0
	E12	1	0	1	1	0	1	1
	E13	1	1	0	0	1	1	1
C2	E21	0	1	1	0	0	0	0
	E22	1	1	1	0	0	0	0
	E23	1	0	1	0	0	0	0
	E24	1	1	1	0	0	0	0

Tabla 10 - Ejemplo ANP matriz interfactorial 6. Fuente: (Bellver-Aznar y Guijarro-Martínez, 2012)

Etapa 3: Cálculo de las prioridades entre elementos. Supermatriz original.

Una vez que se determina las escalas 0 y 1 en todos los elementos de la matriz de dominación interfactorial el siguiente paso es contruir la supermatriz original, que es un proceso en que se convierte las escalas 0 y 1 en pesos de prioridad total. En la figura 9 se puede observar que para calcular la supermatriz original se mantiene la misma matriz, lo único que se diferencia es cómo los datos son introducidos en esta supermatriz.

Matriz interfactorial								Supermatriz original									
		C1			C2					C1			C2				
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24			E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24
C1	E11	0	1	0	1	0	1	0	C1	E11	0	1	0	1	0	1	0
	E12	1	0	1	1	0	1	1		E12	1	0	1	1	0	1	1
	E13	1	1	0	0	1	1	1		E13	1	1	0	0	1	1	1
C2	E21	0	1	1	0	0	0	0	C2	E21	0	1	1	0	0	0	0
	E22	1	1	1	0	0	0	0		E22	W22,11	1	1	0	0	0	0
	E23	1	0	1	0	0	0	0		E23	W23,11	0	1	0	0	0	0
	E24	1	1	1	0	0	0	0		E24	W24,11	1	1	0	0	0	0

Figura 9 - Construcción de la Supermatriz original (Fuente: Saaty 2001, citado por Carrillo 2012, p. 77)

En esta etapa es necesario seguir tres fases, primero se establece las prioridades entre los elementos que han presentado influencias en matriz interfactorial a través de la Escala Fundamental de Comparación Pareada de Saaty (Tabla 11), después se calcula la consistencia de todas las matrices de comparación pareada, y finalmente se calcula el auto vector o vector del peso de cada elemento en la matriz.

Tabla 11 - Continuación

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucha más importante que el criterio B

Valor	Definición	Comentarios
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar.	
Recíprocos de lo anterior	Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serían las siguientes. Criterio A frente a criterio B 5/1 Criterio B frente a criterio A 1/5	

Tabla 11 - Escala Fundamental de Comparación Pareada de Saaty. Fuente: (Saaty, citado por Baptista-Carrillo 2012)

Las prioridades entre los elementos son revisadas por medio de una matriz de comparación pareada en que se debe construir de acuerdo con las influencias de la matriz interfactorial. En la figura 10 se aprecia un ejemplo de la matriz interfactorial con sus respectivas influencias y la matriz de comparación pareada correspondiente.

En este ejemplo los elementos E12 y E13 tienen influencia sobre el E11. Entonces la matriz de comparación pareada será construida para establecer la importancia entre los elementos que presentaron influencia en la matriz interfactorial, siendo ellos la relación de E12 y E13.

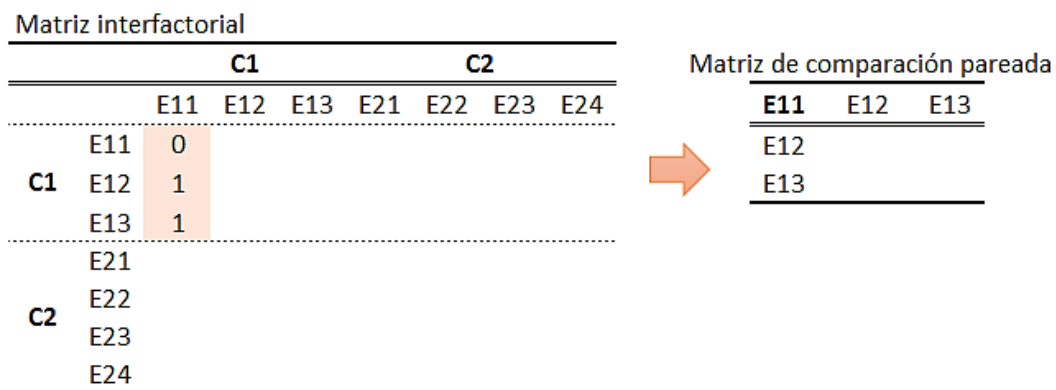


Figura 10 - Construcción de la matriz de comparación pareada. Fuente: (Adaptado de Aznar y Guijarro, 2012)

Para que se defina la prioridad entre los elementos y la escala Saaty es necesario hacer dos preguntas: (I) “¿sobre E11 quien tiene más influencia: el E12 o E13?” (II) “¿y cuánto de influencia tiene?” Son preguntas que suelen facilitar el proceso de quienes están estableciendo la prioridad entre los elementos. De la misma forma, se necesita respetar y cumplir un conjunto de reglas: (Saaty, citado por Baptista-Carrillo, 2012).

Homogeneidad: Si los elementos i y j son considerados igualmente importantes entonces $A_{ij} = A_{ji} = 1$ además $A_{ii} = 1$ para todo i.

$A_{ii} = 1$; para todo i significa que la comparación pareada entre los elementos que sean iguales, como por ejemplo E22, E23, E24 horizontal con E22, E23, E24 vertical en la matriz siempre se colocará en número 1. Por lo tanto, toda la diagonal de la matriz de comparación pareada será 1. (Mirar en la parte naranja de la tabla 12).

E11	E22	E23	E24
E22	1	1	
E23	1	1	
E24			1

Tabla 12 - Homogeneidad de la matriz compareada 1. Fuente: Elaboración propia.

$A_{ij} = A_{ji} = 1$ significa que si los elementos i y j son considerados igualmente importantes, se pone el número 1 en los dos elementos correspondientes (Ver en la parte naranja de la matriz en la tabla 13).

E11	E22	E23	E24
E22	1	1	
E23	1	1	
E24			1

Tabla 13 - Homogeneidad de la matriz compareada 2. Fuente: Elaboración propia

Reciprocidad: Si $A_{ij} = x$, entonces $A_{ji} = 1/x$, con $1/9 \leq x \leq 9$

El “ x ” es la importancia que se le da a los elementos considerando la Escala Fundamental de Comparación Pareada de Saaty.

Si $A_{ij} = x$, entonces $A_{ji} = 1/x$, significa que cuando preguntamos “qué elementos tienen más importancia y cuánto”, la escala inversa de la matriz de comparación pareada deberá ser representado por $1/x$. En la siguiente tabla se observa un pequeño ejemplo de dicha comparación.

$1/9 \leq x \leq 9$, significa que se debe respetar la escala Saaty de la menor ($1/9$) hasta la mayor (9) al desarrollar la matriz de comparación pareada.

También es importante mencionar que una matriz de dimensión $n \times n$ solo se necesita $n(n-1)/2$ comparaciones. Por ejemplo, la matriz de comparación pareada tiene un rango de 4 elementos, entonces se necesita hacer 6 [$4(4-1)/2 = 6$] comparaciones en la matriz. Están representadas en naranja en la tabla 14 donde se le debe asignar la escala Saaty, mientras que las comparaciones restantes son las inversas ($1/x$) de las 6 comparaciones previamente realizadas.

E13	E21	E22	E23	E24
E21	1	x_{12}	x_{13}	$1/x_{14}$
E22	$1/x_{12}$	1	x_{23}	x_{24}
E23	$1/x_{13}$	$1/x_{23}$	1	x_{34}
E24	x_{14}	$1/x_{24}$	$1/x_{34}$	1

Tabla 14 - Comparación de la matriz pareada. Fuente: Elaboración propia

Consistencia: Se satisface que $a_{jk} * a_{kj} = a_{ij}$ para todo $1 \leq i, j, k \leq n$

Una vez construidas las matrices de comparaciones pareadas se debe comprobar su consistencia realizando el cálculo del Ratio de Consistencia (CR). Según Taha (2004) “la consistencia significa que quien toma decisiones muestra un juicio coherente en la especificación de la comparación por pares [Comparación pareada] de los criterios o alternativas.” (p. 507). Para determinar el nivel de

consistencia, se calcula una serie de matrices en la que se observa a continuación. Este breve ejemplo es adaptado de los autores Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez (2012) y Taha (2004).

✚ En la figura 11 se muestra como hacer una matriz de comparación pareada:

$$A = \begin{bmatrix} w_1 & w_1 & w_1 & w_1 \\ w_2 & w_2 & w_2 & w_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n & w_n & w_n & w_n \end{bmatrix}$$

E11	E21	E23	E24
E21	1	4	5
E23	1/4	1	2
E24	1/5	1/2	1

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 0,25 & 1 & 2 \\ 0,2 & 0,5 & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 11 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 1 Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012; Taha, 2004)

✚ Los pesos relativos se puede determinar dividiendo los elementos de cada columna entre la suma de los elementos de la misma columna, que en este ejemplo la suma de cada columna es (1.45, 5.5, 8).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$N = \begin{bmatrix} \frac{1}{1,45} & \frac{4}{5,5} & \frac{5}{8} \\ \frac{0,25}{1,45} & \frac{1}{5,5} & \frac{2}{8} \\ \frac{0,2}{1,45} & \frac{0,5}{5,5} & \frac{1}{8} \end{bmatrix}$$

$$N = \begin{bmatrix} 0,69 & 0,72 & 0,63 \\ 0,17 & 0,18 & 0,25 \\ 0,17 & 0,09 & 0,13 \end{bmatrix}$$

Figura 12 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 2 Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012; Taha, 2004)

✚ Los pesos relativos se calculan como promedios renglón de la matriz normalizada resultante:

$$N = \begin{bmatrix} 0,69 & 0,72 & 0,63 \\ 0,17 & 0,18 & 0,25 \\ 0,17 & 0,09 & 0,13 \end{bmatrix}$$

$$w_1 = \frac{0,69+0,72+0,63}{3} = 0,68$$

$$w_2 = \frac{0,17+0,18+0,25}{3} = 0,20$$

$$w_3 = \frac{0,17+0,09+0,13}{3} = 0,13$$

Figura 13 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 3 Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012; Taha, 2004)

✚ En este siguiente caso, se calcula la matriz inicial por el promedio de reglón, en la que se dará el vector (2.08, 0.61, 0.35).

$$Aw = nw$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 0,25 & 1 & 2 \\ 0,20 & 0,50 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,68 \\ 0,20 \\ 0,13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,08 \\ 0,61 \\ 0,35 \end{bmatrix}$$

Figura 14 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 4 Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012; Taha, 2004)

Se calcula el cociente dividiendo el vector entre el promedio del reglón:

$$\text{Cociente} = \text{Vector} \div \text{Promedio del reglón}$$

Vector	Promedio del reglón	Cociente (d)
2,08	0,68	3,05
0,61	0,20	3,02
0,35	0,12	3,01

Tabla 15 – Ejemplo de cálculo de la consistencia 1 Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

Después se calcula la media de los cocientes (d), por lo que su resultado será λ máxima.

Cociente (d)
3,05
3,02
3,01

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Media = λ máxima = 3,02

Tabla 16 - Ejemplo de cálculo de la consistencia 2 Fuente: (Adaptado de Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

Enseguida se calcula el índice de consistencia (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

CI = 0,0124

Una vez que tenga el CI, se debe revisar la consistencia aleatoria en la siguiente tabla, en este ejemplo es una matriz 3x3, por lo tanto su consistencia aleatoria es de 0,52.

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia aleatoria	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Tabla 17 - Tabla de ratio de consistencia (CI) Fuente: (Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

Calcular el Ratio de consistencia:

$$CR = \frac{CI}{\text{Consistencia aleatoria}}$$

$$CR = \frac{0,0124}{0,52} = 0,0238 = 2,38\%$$

Con el resultado final del ratio de consistencia se analiza la siguiente tabla. Se considera que la matriz nxn es consistente cuando el CR calculado anteriormente es menor que los porcentajes

que se muestran en la tabla 18. Pero si la matriz presenta inconsistencia, o sea, el ratio de consistencia es mayor que en porcentajes de ratio de consistencia, se recomienda cambiar las escalas Saaty en las matrices de comparación pareada para que la matriz presente consistencia y poder continuar a la siguiente etapa de construcción.

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 18 - Ratio de consistencia Fuente: (Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

Si la consistencia está dentro de los límites establecidos anteriormente se realiza el siguiente cálculo, donde se multiplica la matriz original por ella misma hasta que los resultados de los vectores sean iguales o constantes en cada producto de las matrices. Por ejemplo:

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 0,25 & 1 & 2 \\ 0,20 & 0,50 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 0,25 & 1 & 2 \\ 0,20 & 0,50 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 10,5 & 18 \\ 0,9 & 3 & 5,25 \\ 0,525 & 1,8 & 3 \end{bmatrix}$$

El vector propio de esta matriz se calcula con la división de la suma de cada fila entre el total de la suma de filas. En este ejemplo nos da el vector propio (0.69, 0.18, 0.11).

Hacer el mismo procedimiento con las matrices hasta que los vectores propios sean constantes. En la siguiente operación se tiene (0.69, 0.19, 0.11), después (0.68, 0.19, 0.11), y finalmente se repite los vectores propios con los anteriores (0.68, 0.19, 0.11), por lo que este último vector serán los pesos en las que se deben sustituir en la supermatriz original (Fig. 15). También se repite el mismo proceso en todas las matrices de comparación pareada que se ha presentado influencias hasta completar toda la supermatriz original.

Matriz interfactorial								Supermatriz original											
		C1				C2						C1				C2			
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24			E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24		
C1	E11	0	1	0	1	0	1	0	C1	E11									
	E12	1	0	1	1	0	1	1		E12									
	E13	1	1	0	0	1	1	1		E13									
C2	E21	0	1	1	0	0	0	0	C2	E21	0								
	E22	1	1	1	0	0	0	0		E22	0,68								
	E23	1	0	1	0	0	0	0		E23	0,19								
	E24	1	1	1	0	0	0	0		E24	0,11								

Figura 15 - Supermatriz original con los vectores propios (Fuente: Adaptado de Carrillo, 2012; Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

Se recomienda el uso de los programas de Expert Choice (para la construcción del AHP) y Super Decision Software (para la construcción de AHP y ANP) ya que se permite realizar los cálculos más precisos, evitando así errores en los cálculos de las matrices y la fatiga del decisor a lo largo de la construcción del modelado. Además en el libro *Nuevos Métodos de Valoración. Modelos Multicriterio* (p. 134) localizado en las referencia bibliográficas de este trabajo, presenta una hoja Excel desarrollada por Jerónimo Aznar Bellver del Grupo de Valoración y Decisión Multicriterio del Departamento de Economicas y Ciencias Sociales de la Universidad Politécnica de Valencia donde se

permite calcular el vector y las consistencias de las matrices poniendo directamente la escala Saaty en las matrices de comparación pareada. Cabe destacar que, aunque el título del archivo sea para aplicación de AHP, no debemos olvidar que en la metodología ANP se aplica el mismo procedimiento de comparación pareada, por lo que también es adecuado utilizar esta herramienta en ANP.

Etapa 4: Cálculo de las prioridades entre componentes. Supermatriz ponderada

Una vez completada la supermatriz original se debe convertirla en supermatriz ponderada, es decir, en una matriz estocástica cuyo la suma de cada columna de la matriz es igual a 1. Por lo cual se realiza una matriz de comparación pareada entre los componentes siguiendo el mismo procedimiento citado anteriormente, que es asignar una escala Saaty entre los elementos, calcular la consistencia de la matriz y calcular de los vectores propios de estos componentes.

Después del cálculo de vectores propios de los componentes (Tabla 19), se debe multiplicar estos vectores propios dentro de la matriz ponderada (Tabla 20), que nos dará la supermatriz ponderada final (Tabla 21).

	C1	C2	Vector propio
C1	1	1/3	0,25
C2	3	1	0,75
CR	0,00%	0%	1

Tabla 19 - Ejemplo de cálculo de prioridad entre componentes (Fuente: Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

	C1			C2				
	E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24	
C1	E11	0	0,1667*0,25	0	0,7500	0	0,1603	0
	E12	0,6667*0,25	0	1*0,2500	0,2500	0	0,1488	0,6667
	E13	0,3333*0,25	0,8333*0,25	0	0	1	0,6908	0,3333
C2	E21	0	0,2297*0,75	0,1248*0,75	0	0	0	0
	E22	0,1047*0,75	0,122*0,75	0,5275*0,75	0	0	0	0
	E23	0,2583*0,75	0	0,2865*0,75	0	0	0	0
	E24	0,637*0,75	0,6483*0,75	0,0612*0,75	0	0	0	0

Tabla 20 - Supermatriz ponderada Fuente: (Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

	C1			C2				
	E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24	
C1	E11	0	0,0417	0	0,7500	0	0,1603	0
	E12	0,1667	0	0,2500	0,2500	0	0,1488	0,6667
	E13	0,0833	0,2083	0	0	1	0,6908	0,3333
C2	E21	0	0,1723	0,0936	0	0	0	0
	E22	0,0785	0,0915	0,3956	0	0	0	0
	E23	0,1937	0	0,2149	0	0	0	0
	E24	0,4778	0,4862	0,0459	0	0	0	0

Tabla 21 - Supermatriz ponderada final Fuente: (Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

Etapa 5: Cálculo de la Supermatriz límite

En esta etapa se multiplica la supermatriz ponderada por ella misma innumerables veces hasta que los valores de la columna coincidan con la multiplicación anterior y que los pesos de una columna se repita a lo largo de toda la matriz. Una vez realizados dichos procesos se determina la prioridad global de los elementos de la red y del problema de decisión final (Tabla 22). También es importante mencionar que este proceso suele ser bastante trabajoso si hacemos los cálculos manualmente, por lo que es más cómodo hacerlo por medio de Excel o programas informáticos ya abordados en la página 32.

		C1			C2			
		E11	E12	E13	E21	E22	E23	E24
C1	E11	0,0687	0,0687	0,0687	0,0687	0,0687	0,0687	0,0687
	E12	0,2107	0,2107	0,2107	0,2107	0,2107	0,2107	0,2107
	E13	0,2918	0,2918	0,2918	0,2918	0,2918	0,2918	0,2918
C2	E21	0,0636	0,0636	0,0636	0,0636	0,0636	0,0636	0,0636
	E22	0,1401	0,1401	0,1401	0,1401	0,1401	0,1401	0,1401
	E23	0,0760	0,0760	0,0760	0,0760	0,0760	0,0760	0,0760
	E24	0,1487	0,1487	0,1487	0,1487	0,1487	0,1487	0,1487

Tabla 22 - Supermatriz límite. Fuente: (Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez, 2012)

3.2 Gestión de proveedores

Según Çebi y Bayraktar (2003) la gestión de proveedores viene tomando importancia a lo largo del tiempo por la globalización de las empresas y en las organizaciones. Es una de las partes más importantes de la gestión de la cadena de suministro y la que más aporta valor al negocio, dado que su buena gestión resulta en mejores ventajas competitivas frente a sus competidores. Los autores Amid, Ghodsypour y O'Brien (2011) también afirman que los proveedores tienen un papel fundamental para lograr la competitividad corporativa, teniendo en cuenta las nuevas estrategias de compras y la fabricación de productos.

La empresa necesita realizar un procedimiento específico para administrar la gestión de proveedores, en la que se debe medir las necesidades de su organización y averiguar si el proveedor es capaz de suministrar los materiales y servicios de manera eficiente. Siempre considerando su capacidad de ajustarse a los constante cambios en el mercado, ya que dentro de un ambiente dinámico, la agilidad de la empresa cliente depende directamente de la flexibilidad de sus proveedores (Forkmann et al., 2016, citado por Almeida-Furtado, Silva-Ferreira y Oliveira-Nascimento, 2017).

En la revisión bibliográfica se ha podido observar que la gestión de proveedores es llamado de Gestión de Relaciones de Proveedores, mundialmente conocido por *Supplier Relationship management* (SRM). De igual forma se ha verificado que es mencionado en varios contextos y estructurado de diferentes maneras en que se observa en los siguientes apartados.

3.2.1 En la cadena de suministro

Conforme Lambert (2008) la gestión de relaciones de proveedores es uno de los ocho pilares para realizar una buena gestión de toda la cadena de suministro, siendo ellos: (I) *Customer Relationship*

Management, (II) Supplier Relationship Management, (III) Customer Service Management, (IV) Demand Management, (V) Order Fulfillment, (VI) Manufacturing Flow Management, (VII) Product Development and Commercialization, (VIII) Returns Management. (Fig. 16)

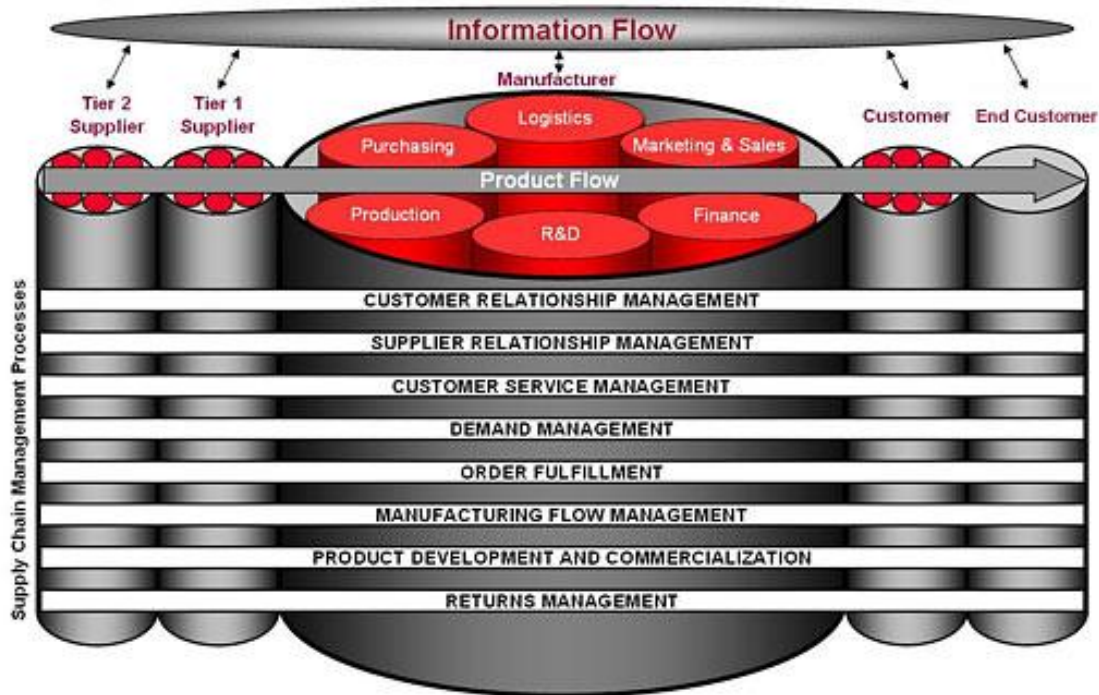


Figura 16 - Procesos de la Cadena de suministro Fuente: Lambert (2008)

El SRM consiste en desarrollar y mantener relaciones con los proveedores de manera que sea beneficiosa a largo plazo entre las dos partes. Una de las tareas del equipo de trabajo en SRM es manejar y desarrollar los PSA (*Product and Service Agreement*), mejorar procesos y eliminar la variabilidad de la demanda y actividades que no aportan valor. También implica en el desarrollo de una relación de colaboración entre proveedor-cliente para se pueda proporcionar la experiencia necesaria en la introducción de nuevos productos al mercado y lograr el éxito de ambas partes. (Lambert, 2008).

Mentzer et al. (citado por Mentzer, Min y Zacharia, 2000) define la gestión de la cadena de suministro (*Supply Chain Management- SCM*) como la coordinación sistémica y estratégica de las funciones empresariales tradicionales y tácticas con el objetivo de mejorar el rendimiento a largo plazo de las empresas individuales y de toda la cadena de suministro. Los mismos autores afirman que SCM se basa en la gestión de relaciones estrechas entre dos o más empresas, por lo que es importante comprender y desarrollar una relación exitosa, ya que es una forma cada vez más común para mantener la ventaja competitiva en el mercado. Lambert (2008) también comenta que la gestión de la cadena de suministro se trata de, nada más y nada menos, una gestión de relaciones.

Como se ha podido observar la gestión de relaciones tiene una gran aplicabilidad en diferentes pilares de la cadena de suministro y otras áreas de negocios, pudiendo ser aplicados tanto en los proveedores de 1º, 2º camada como en los clientes finales del propio cliente. Es un tema de tanta importancia que a lo largo del tiempo, precisamente en 2015, la norma de calidad ISO 9001:2015 adopto dicha gestión como unos de los principios básicos en el sistema de gestión de la calidad, en el cual se entra con más detalles en el apartado 3.2.2.

Para poder profundizar en la metodología propuesta en este trabajo, Silva-Garcia, Lago-da-Silva y Pereira (2015) han realizado una revisión sistemática sobre las principales actividades de SRM en la literatura actual, por lo que han identificado siete actividades que están estructurados en la tabla 23 con sus respectivos autores.

Actividades de SEM	Principales autores
Búsqueda y selección de proveedores	Ballou (2001); Croxton et al. (2001); Pagell (2004); Bowersox, Closs y Cooper (2007); Lambert (2008); Stavrulaki y Davis (2010); Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011); Barratt y Barratt (2011); Lambert y Schwieterman (2012); Miocevic y Crnjak-Karanovic (2012)
Negociación de contratos o acuerdos	Ballou (2001); Croxton et al. (2001); Pagell (2004); Bowersox, Closs y Cooper (2007); Lambert (2008); Stavrulaki y Davis (2010); Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011); Barratt y Barratt (2011); Lambert y Schwieterman (2012); Miocevic y Crnjak-Karanovic (2012)
Gestión de flujo de informaciones TI	Ballou (2001); Croxton et al. (2001); Lambert (2004); Bowersox, Closs y Cooper (2007); Lambert (2008); Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011); Barratt y Barratt (2011); Lambert y Schwieterman (2012); Miocevic y Crnjak-Karanovic (2012)
Coordinación de la programación de suministro	Ballou (2001); Bowersox, Closs e Cooper (2007); Stavrulaki e Davi (2010)
Compra de materiales, componentes o productos	Ballou (2001); Bowersox, Closs e Cooper (2007);
Transporte, recibimiento, inspección, almacenamiento y manipulación de materiales componentes y productos	Ballou (2001); Bowersox, Closs e Cooper (2007);
Evaluación del desempeño	Ballou (2001); Croxton et al. (2001); Bowersox, Closs e Cooper (2007); Lambert (2008); Arshinder, Kanda e Deshmukh (2011); Barratt e Barratt (2011); Lambert e Schwieterman (2012); Miocevic e Crnjak-Karanovic (2012)

Tabla 23 – Principales actividades SRM 1. Fuente: (Silva-Garcia et al., 2015)

Mientras que Park, Shin, Chang y Park (2010) han comentado que en los últimos años los investigadores han tratado SRM desde una perspectiva holística, por lo que se propuso en realizar el SRM con las siguientes actividades de manera integrada, que también están especificados en la tabla 24.

Actividades de SRM según Park et al (2010)
Definir la estrategia de compras
Selección del proveedor
Colaboración del proveedor
Desarrollo y evaluación del proveedor
Mejora continua

Tabla 24 - Principales actividades SRM 2. Fuente: (Park et al., 2010)

Se ha podido observar que las actividades del SRM no sigue un patrón, y que la mayoría de las veces son tratadas de manera individual y subjetiva, y no de manera integrada como se debe ser. El primer autor no menciona que el desarrollo del proveedor dentro de las actividades, mientras que el segundo si lo menciona y desde una perspectiva integrada. En la literatura es posible notar que

muchos autores tienen la definición clara de lo “qué es” y “para qué se sirve” el SRM, pero que son muy escasos los artículos en las que se enseña el “cómo” hacerlo.

3.2.2 En la certificación ISO 9001:2015

Las normas ISO son mundialmente conocidas en el ámbito empresarial. La sigla ISO significa Organización Internacional de Normalización, que es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (ISO 9001:2015). Según esta norma comenta que “la adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible” (p. 9) y que “los principios de la gestión de la calidad son los siguientes” (p.10):

- Enfoque al cliente;
- Liderazgo;
- Participación del personal;
- Enfoque basado en procesos;
- Mejora;
- Toma de decisión basada en evidencias;
- Gestión de relaciones.

Después de haber consultado la norma Sistema de gestión de la calidad, se observa que la gestión de proveedores es abordada dentro de unos de los principios de gestión de la calidad, llamado actualmente de gestión de relaciones. Según Lizarzaburu-Bolaños (2016) las normas ISO 9001:2008 y 9001:2015 han sufrido algunos cambios, en la que se reduce los principios de ocho a siete y que, el principio de la versión 2008 “Relaciones mutuamente beneficiosa con el proveedores” se ha convertido en “Gestión de relaciones”. Esta nueva norma trata de satisfacer las necesidades y expectativas de los Stakeholders, y no como la visión tradicional del cliente y proveedor de antes. López (2016) define Stakeholders (partes interesada o grupo de interés) “son aquellas personas, empresas o entidades de todo tipo que pueden afectar o ser afectadas por la actividad de la organización, bien sea de forma positiva (obteniendo algún beneficio) o negativamente (perjudicando o siendo perjudicadas por esta)” (p. 87) En esta nueva versión “uno de los elementos clave es identificar las partes interesadas, sus requisitos, necesidades y expectativas, con el objetivo estratégico de construir relaciones de beneficio mutuo hacia ellas”. (López, 2016, p. 88). En la figura 17 se aprecia un ejemplo de un grupo de interés de la norma ISO 9001:2015 en la que se incluye en proveedor como parte del grupo.

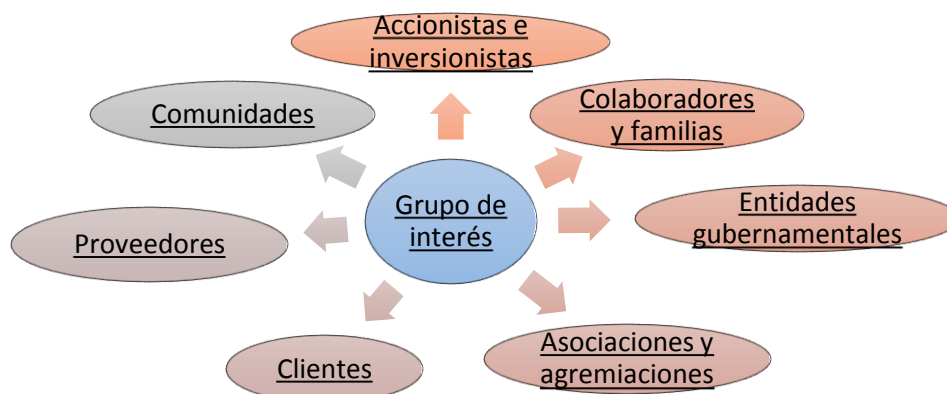


Figura 17 - Ejemplos de grupos de interés o Stakeholders Fuente: (López, 2016, p. 88)

Teniendo en cuenta las informaciones anteriores, se puede concluir que el trabajo propuesto cumple con los requisitos de la norma de gestión de la calidad, ya que se hace un análisis de unos de los Stakeholder de la gestión de relaciones, apoyándose en una herramienta de toma de decisión basada en evidencias con el enfoque en los principales procesos de la gestión de proveedores. Por lo tanto, se permite medir el rendimiento del proveedor para atender los clientes a tiempo y sin imprevistos. Aparte de que la metodología propuesta se pretende en la mejora continua de los proveedores, pero que solo es posible y efectiva, si existe el apoyo e involucramiento del equipo para realizar y mantener una correcta gestión.

3.2.3 En función del departamento de compras

Vana (2014) comenta que el departamento de compras ha evolucionado mucho a lo largo del tiempo, ya no es tratado como una función administrativa sino se ha convertido en una función más estratégica. Los autores Almeida-Furtado, Silva-Ferreira y Olivera-Nascimento (2017) también refuerzan la idea que de la función de compras deja de ser vista como una rutina administrativa y burocrática y pasa a ser una función estratégica en la gestión del proveedor, dado que el comprador es responsable de analizar, evaluar y desarrollar relaciones con los proveedores en la empresa.

Las empresas empezaron a dar importancia en el potencial del departamento de compras en realizar objetivos estratégicas en la década de los años 80, cuando Porter creó una herramienta para medir la ventaja competitiva de las organizaciones (Vana, 2014). Es una metodología que permite comprender el entorno competitivo de la industria y aplicando las cinco fuerzas: Amenazas procedentes de los productos sustitutos; Rivalidad entre competidores; Poder de negociación de los clientes; Poder de negociación de proveedores; Amenaza que representan los productos entrantes. (Porter, 2008)

Desde el punto de vista en Compras, hay cuatro áreas de gestión que involucran la gestión de compras: (I) Gestión de productos; (II) Gestión de procesos; (III) Gestión de contratos y (IV) Gestión de proveedores. En que la gestión de proveedores se define a “los esfuerzos de cooperación entre empresa compradora y proveedores para garantizar que las operaciones y rendimiento de los proveedores estén alineados con la estrategia de la organización”. (Errasti, 2012, p. 75).

La gestión estratégica de proveedores se plantea los siguientes procesos (Silva y Alves, 2012 citado por Almeida-Furtado et al., 2017):

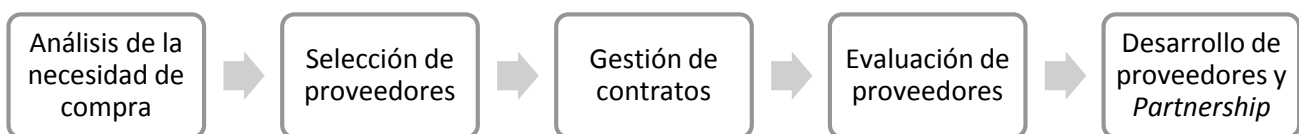


Figura 18 - Procesos en la gestión estratégica de proveedores Fuente: (Silva y Alves, citado por Almeida-Furtado et al., 2017)

3.2.4 Procesos de gestión de proveedores

Considerando la revisión bibliográfica anteriormente, en este presente trabajo se desarrolla la metodología integrada basada en las actividades claves de la gestión de proveedores: Selección de proveedores, Evaluación de proveedores y Desarrollo de proveedores. (Amin y Razm, 2009; Almeida-Furtado et al., 2017; Omurca, 2013; Vana, 2014).



Figura 19 – Principales procesos en la gestión de proveedores. Fuente: (Elaboración propia)

3.2.4.1 Selección de proveedores

La selección de proveedor es una de las etapas más críticas e importantes dentro del proceso de compras en una empresa, dado que involucra muchos procedimientos internos por parte del equipo y un gran esfuerzo en la búsqueda de proveedores que sean capacitados para cumplir con los requisitos impuestos por la organización, como por ejemplo realizar servicios y entrega de productos con calidad, dentro del plazo establecido y con las especificaciones correctas (Silva-de-Paula y Carvalho-Alves, 2012). Es un proceso tan importante que Crosby 1989 (citado por Moura-Raizer, 2009) afirma que “la mitad de los problemas de calidad de una empresa están relacionados por la mala selección y gestión de proveedores”. (p. 73). Un suministro que no cumple con las especificaciones previamente acordadas puede afectar directamente la reputación y la productividad de la empresa frente a sus clientes.

Boer, Labro e Morlacchi (2001) e Aissaoui, Haouari e Hassin (2007) (citado por Lima-Junior, Roza-Carvalho y Ribeiro-Carpinetti, 2016) estructuran el proceso de selección de proveedores en cuatro etapas, en la que se identifica un conjunto de posibles proveedores y hacer “filtros” para que se reduzca hasta la elección final del proveedor más adecuado:

Tabla 26 - Continuación

Fases de SS	Descripción
Definición del problema	El proceso se inicia con un cuestionamiento sobre qué exactamente se pretende alcanzar por medio de la selección de proveedores. Por un lado, existen empresas que a menudo buscan nuevos proveedores para actualizar su mezcla de productos en cuanto a la variedad y tipología. En otra vía, hay empresas situadas en entornos que involucran relaciones próximas con proveedores, desarrollando asociaciones y contratos a largo plazo. De esta forma, el agente decisorio se enfrenta a diferentes situaciones que deben conducir a diferentes decisiones. Para hacer la elección correcta, el proceso de compras debe definir claramente los objetivos del proceso de selección.
Formulación de los criterios	En esta etapa, la organización de compras debe centrarse en los esfuerzos en el establecimiento de criterios de decisión que expresan claramente sus requisitos, desde el nivel operativo a nivel estratégico. De acuerdo con Kahraman, Cebeci y Ulukan (2003), puede no ser fácil convertir las

Fases de SS	Descripción
	necesidades en criterios utilizables, ya que éstos generalmente son expresados como conceptos cualitativos.
Cualificación	La cualificación consiste en reducir el conjunto de todos los proveedores para un conjunto que pueda evaluarse más detalladamente durante la elección final. La cualificación puede llevarse a cabo en uno o varios pasos, en los que diferentes métodos de eliminación pueden aplicarse en caso de que alternativa no satisface alguna regla de selección.
Elección final	En esta última etapa, se debe ordenar a los proveedores cualificados y se puede considerar la selección de uno o más proveedores. Si se selecciona más de un proveedor, paso también implica la asignación de pedidos entre los seleccionados, en el cual debe considerar la posibilidad de asignar un proveedor a un producto o un grupo de elementos de una sólo una vez.

Tabla 25 - Etapas del proceso SD (Fuente: Lima-Junior et al., 2017, p. 2-3)

Según Chai, Lui y Ngai (2013) el proceso de selección y evaluación del proveedor son calificados en 26 técnicas de toma de decisión (*Decision Making Techniques – DM*) y son agrupadas en tres perspectivas en la que se aprecia a continuación. Cabe destacar que se ha mantenido los nombres originales para evitar distorsiones en una futura consulta académica.

- (I) *Multiple criteria decision-making techniques* (MCDM);
- (II) *Mathematical programming techniques* (MP);
- (III) *Artificial intelligence techniques* (AI).

Tabla 27 - Continuación

DM techniques		
<i>Multiattribute decisión making (MCDM) techniques</i>		%
1. Analytic hierarchy process	AHP	24.39
2. Analytic network process	ANP	12.20
3. Elimination and choice expressing reality	ELECTRE	3.25
4. Preference ranking organization method for enrichment evaluation	PROMETHEE	1.63
5. Technique for order performance by similarity to ideal solution	TOPSIS	14.63
6. Multicriteria optimization and compromise solution	VIKOR	2.44
7. Decision making trial and evaluation laboratory	DEMATEL	2.44
8. Simple multiattribute rating technique	SMART	0.81
<i>Mathematical programming (MP) techniques</i>		
1. Data envelopment analysis	DEA	10.57
2. Linear Programming	LP	15.44
3. Nonlinear programming	NLP	4.88
4. Multiobjective programming	MOP	10.57
5. Goal programming	GP	5.69
6. Stochastic programming	SP	1.63
<i>Artificial intelligence (AI) techniques</i>		
1. Genetic algorithm	GA	6.50
Fuzzy set theory *	FST	-
2. Grey system theory	GST	4.88
3. Neural networks	NN	4.07
4. Rough set theory	RST	3.25
5. Bayesian networks	BN	1.63
6. Decision tree	DT	1.63

DM techniques		
7. Case-based reasoning	CBR	1.63
8. Particle swarm optimization	PSO	1.63
9. Support vector machine	SVM	0.81
10. Association rule	AR	0.81
11. Ant colony algorithm	ACA	0.81
12. Dempster shafer theory of evidence	DST	0.81

Tabla 26- Clasificación de las técnicas de toma de decisión Fuente: (Adaptado de Chai et al., 2013) *Añadido por la autora

A parte de la revisión bibliográfica de Chai et al (2013), es posible ver que se utiliza metodologías combinadas, por ejemplo el uso de una metodología integrada en dos perspectivas **MCDM+AI**, **MCDM+MP** y **MP+AI**. Además se suele utilizar metodologías combinadas (También llamado de híbrida) dentro de la misma perspectiva, como ANP+AHP, ANP+TOPSIS, etc. (Dentro de la perspectiva **MCDM**), MOP+LP, GP+LP, etc. (Dentro de la perspectiva **MP**), FST+RST, GP+NN, etc. (Dentro de la perspectiva **AI**).

También se combina las metodologías con técnicas Fuzzy's, como Fuzzy C-means, Fuzzy logic, Fuzzy inference system, Fuzzy set theory, etc. FST se aplica para proporcionar una forma eficaz de tratar la incertidumbre de la subjetividad humana en interpretación de los criterios tangibles y los intangibles. Los métodos más conocidos en la selección y evaluación de proveedores son *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP), *Fuzzy-Technique of Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (Fuzzy TOPSIS), *Fuzzy Inference System* (FIS), AHP/FAHP & Fuzzy TOPSIS, ANP & Fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP and ANN, Fuzzy ANP and ANN. (Sultana, Rahman y Al Mamun, 2016)

Antes de realizar la selección del proveedor se debe establecer criterios específicos para dicho proceso, pero que dependerá de la estrategia adoptada por la organización (Silva-de-Paula y Carvalho-Alves, 2012) y de la estratégica adoptada en relación en la cadena de suministro (Raizer-Moura, 2009). Dependiendo de la estrategia elegida, los criterios pueden tener mayor relevancia entre ellos en la elección del proveedor.

El segundo paso del proceso de selección de proveedores es identificar cuales criterios que se le debe asignar en el modelado. Según Amin y Razmi (2009), en 1966 Dickson realizó un estudio a través de cuestionarios en el cual tuvo participación de 273 compradores y gerentes en Estados Unidos y Canadá, identificando 23 criterios en las que se consideraban los más importantes en el entorno empresarios (tabla 27). Estos criterios resultaron tan efectivo que, hasta en los días de hoy, se suele utilizarlo en la mayoría de los trabajos de selección del proveedor. Sin embargo, en este trabajo se abordará los criterios que han sido aplicados en los últimos años, dado que la gestión de compras, La gestión de proveedores y la gestión de la cadena de suministro también han evolucionado a lo largo del tiempo.

Tabla 27 – Continuación

Grupos	Criterios
Extrema	1- Calidad
Considerable	2- Entrega 3- Rendimiento 4- Políticas y garantías de demanda 5- Capacidad producción 6- Precio 7- Capacidad técnica 8- Posición financiera
Mediana	9-Cumplimiento de los procedimiento 10- Sistema de comunicación 11- Reputación y posición en la industria 12- Deseo de negocio 13 Administración y organización 14- Control de funcionamiento 15- Servicios de reparación 16- Actitud 17- Impresión 18 – Habilidad de

embalaje **19-** Relaciones laborales **20-** Localización geográfica **21-** Cantidad de negocios anteriores **22-** Formación Pequeña **23-** Acuerdos recíprocos

Tabla 27 – Criterios identificados por Dickson Fuente: (Adaptado de Guarnieri-do-Santos, 2012, p.79)

Autores	Criterios en la selección de proveedores
Araz y Ozkarahan (2007)	Soporte en desarrollo estructural de producto, soporte en el desarrollo del proceso e ingeniería, tiempo de revisión del proyecto, tiempo de prototipos, nivel de tecnología, desempeño de la calidad, poder financiero, desempeño en reducción de costos, desempeño de entrega, facilidad de comunicación.
Lee (2009)	Entrega, calidad, flexibilidad, nivel de tecnología, construcción de relaciones, crecimiento conjunto, costo de productos, costo de relación, restricciones de aprovisionamiento, perfil del proveedor y restricciones entre comprador y proveedor.
Shen y Yu (2009)	Confiabilidad, soporte técnico, capacidad tecnológica, innovación, cuadro de clientes, habilidad de identificar necesidades, velocidad de desarrollo de los productos
Chamodrakas, Batis y Martakos (2010)	Capacidad de solucionar problemas de la calidad, índice de rechazo de materia prima, reducción de costo, posición de mercado del proveedor, compromiso con plazo de entrega y flexibilidad con calidad de las solicitudes.
Kilincic y Onal (2011)	Status financieros, enfoque gerencial, habilidad técnica, el sistema de calidad, la localización geográfica, la capacidad de producción, el uso de kanban, el precio del producto, el manejo del producto durante las operaciones logísticas, la calidad de productos, Lead Time, el soporte técnico, la profesionalidad y la agilidad del servicio.
Punniyamoorthy, Mathiyalagan y Parthiban (2011)	Nivel de gestión interna, calidad, capacidad técnica, capacidad de producción, posición financiera, entrega, servicios, relaciones, costos, políticas ambientales y de seguridad.

Tabla 28 - Criterios de proceso SS Fuente: (Lima-Junior et al., 2016, p. 793)

3.2.4.2 Evaluación de proveedores

En la literatura se ha podido verificar que la evaluación y selección del proveedor son tratadas de igual manera, por lo que es conveniente saber que la evaluación del rendimiento del proveedor es totalmente diferente en la evaluación previa en el proceso de selección del proveedor. Además, los criterios en este caso están vinculados más a la calidad y conformidad del proveedor.

La selección del proveedor se entiende como la revisión del cumplimiento para que el mismo sea considerado en las próximas adquisiciones en de la empresa. Mientras que la evaluación de los proveedores tiene el enfoque de medir su capacidad de suministro, después que éste es aprobado en la plantilla de proveedores. (Moura-Raizer, 2009).

Silva-de-Paula y Carvalho-Alves (2012) dice que el proceso de evaluación del proveedor debe ser considerado en las futuras programaciones de suministros en la empresa, permitiendo así un constante monitoreo del proveedor y verificar si el mismo está cumpliendo con las exigencias de la organización. También es necesario que la empresa analice los datos recogidos de los proveedores de manera continua para que puedan identificar actividades que necesitan ajustes.

Osiro, Lima-Junior y Ribeiro-Carpinetti (2014) cometen que hay dos importantes fases en la gestión de proveedores, primero se emplea la evaluación para seleccionar un proveedor y el segundo se emplea el proceso de evaluación para desarrollar el proveedor (SD). No obstante, en ese trabajo el proceso de SD se basa en la implementación de iniciativas y actividades para mejorar el rendimiento y la capacidad del proveedor. Asimismo realizan una aproximación de los criterios más importantes en la evaluación el desempeño del proveedor, en la que se aprecia en la tabla 29.

Dimensión	Criterio
Desempeño financiero	Capacidad Financiera Precio
Desempeño logístico	Entrega Flexibilidad Localización geográfica Nivel de servicio
Factores organizaciones y culturales	Compatibilidad de culturas organizacionales Presión competitiva Sistema de evaluación y certificación Organización y gestión Objetivo estratégico del proveedor Formación y educación
Gestión de la calidad y mejora	Compromiso con la mejora y reducción de coste Resolución de problemas Calidad de los productos Garantía y soporte postventa Seguridad y salud laboral
Capacidad tecnológica	Diseño y desarrollo de capacidad Capacidad de producción y fabricación Capacidad tecnológica
Compartir información y confianza	Facilidad de comunicación Relación a largo plazo Asset speciicity Reciprocal arrangement Soporte alta gerencia Confianza Disposición para compartir información

Tabla 29 - Criterios en el proceso SE Fuente:(Osiro et al., 2014)

En la tesis doctoral de Guarniere-do-Santos (2012) analiza los criterios que son utilizados en la selección y evaluación de proveedores. Aunque en ese trabajo se junta todos los criterios de diferentes procesos de la gestión de proveedores, es posible analizar con mayor claridad la aplicación de los criterios en la evaluación del proveedor en general. Para poder profundizar más en ese tema, se recomienda consultar el trabajo de la autora.

3.2.4.3 Desarrollo de proveedores

Según Glock, Grosse y Ries (2017) afirma que cuando la compañía no está contenta con el rendimiento de sus proveedores, sean en los productos y servicios suministrados, deben tomar una importante decisión si deben desarrollar la capacidad de sus proveedores o simplemente sustituirlos. El proceso de desarrollo de proveedores (SD) es definido como cualquier tipo de esfuerzo de una

empresa que quiera incrementar el desempeño de sus proveedores. El éxito de las actividades de SD depende de factores internos y externos, como la duración de la relación entre empresa-proveedor, estrategias organizacionales, capacidad del proveedor o incertidumbres tecnológicas. Además, en la literatura más reciente se observa que se ha incrementado trabajos académicos referentes a aplicación de SD en sectores ambientales y sostenibles, en el impacto de SD en la mejora del rendimiento de comprador-proveedor, y actividades de SD implementadas en casos reales en importantes industrias.

En la revisión bibliográfica de Glock et al., (2017) el proceso de desarrollo de proveedores ha sido frecuentemente citado en diferentes enfoques en la gestión de proveedores. También han observado que en la literatura se suelen mezclar el proceso SD con SS y SE. Así que partiendo de esta premisa, los autores han propuesto una metodología SD basado en la gestión de relaciones de proveedores estratégicas, precisamente en las principales actividades de SRM de Park et al, 2015, y después han definido tres pasos esenciales en la aplicación de este proceso (Tabla 30). En la figura 20 está estructurado la metodología creada por los autores en el proceso de implementación de SD.

Fases de SD	Descripción
Fase de preparación del desarrollo del proveedor (Preparation)	En el primer paso, la empresa compradora necesita evaluar si las medidas de desarrollo del proveedor son necesarias o no. Posteriormente, la empresa compradora debe identificar a los proveedores que pretende desarrollar (Bai y Sarkis, 2011).
Fase de desarrollo (Development)	Una vez que la empresa compradora ha decidido desarrollar uno o más proveedores, debe seleccionar los atributos del proveedor que desea mejorar. Posteriormente, la empresa compradora debe seleccionar medidas apropiadas (directas o indirectas) de desarrollo de proveedores. Al final de la fase 2, se implementan las medidas de desarrollo del proveedor (Humphreys et al., 2004).
Supervisión y evaluación de las fases (Monitoring and evaluation)	Después de que se hayan iniciado las medidas de desarrollo del proveedor, las medidas deben ser monitoreadas continuamente. En caso de que las medidas de desarrollo del proveedor no den como resultado los resultados esperados, puede ser necesario modificar o cancelar las medidas o seleccionar otro proveedor para el desarrollo (Meisel, 2012).

Tabla 30 - Fases de implementación SD Fuente: (Glock et al., 2017)

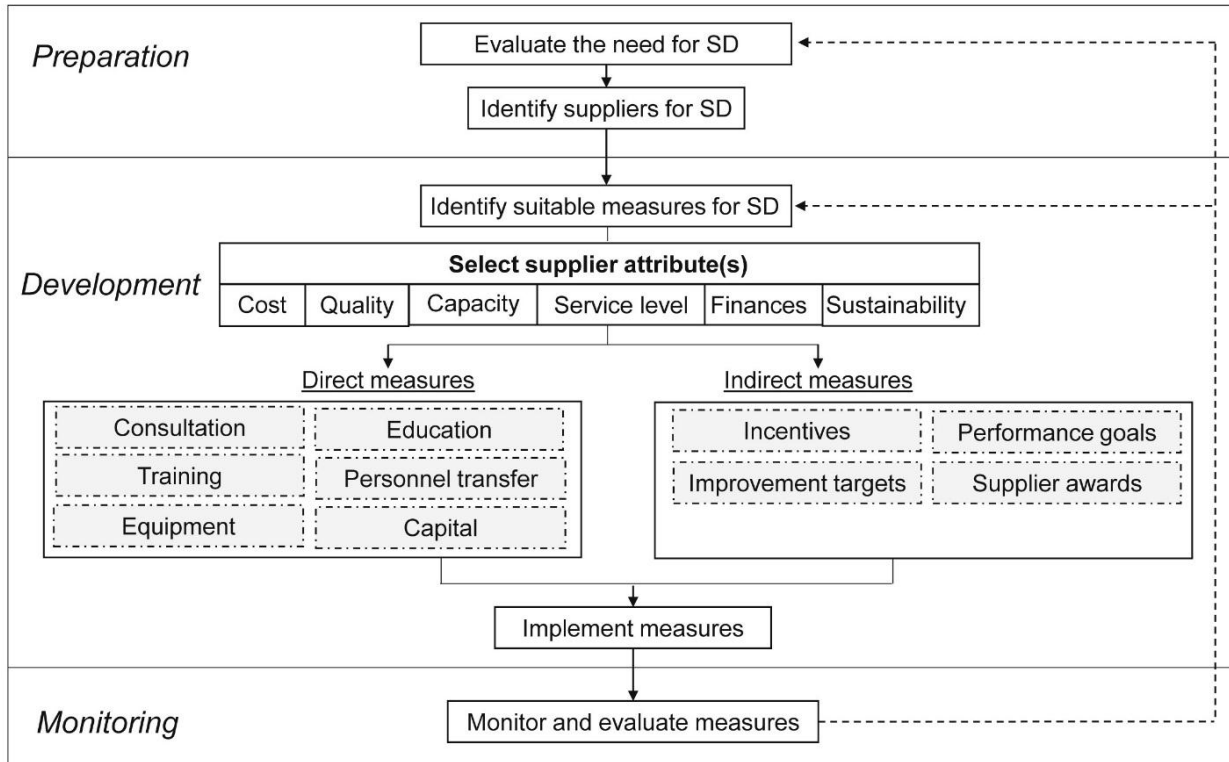


Figura 20 - Metodología en el proceso de Desarrollo de Proveedores basada en SRM Fuente: (Glock et al., 2017)

Los mismos autores han identificado que el proceso SD es aplicado en diferentes metodologías de teoría de decisión, en el cual se aprecian en la Fig. 21.

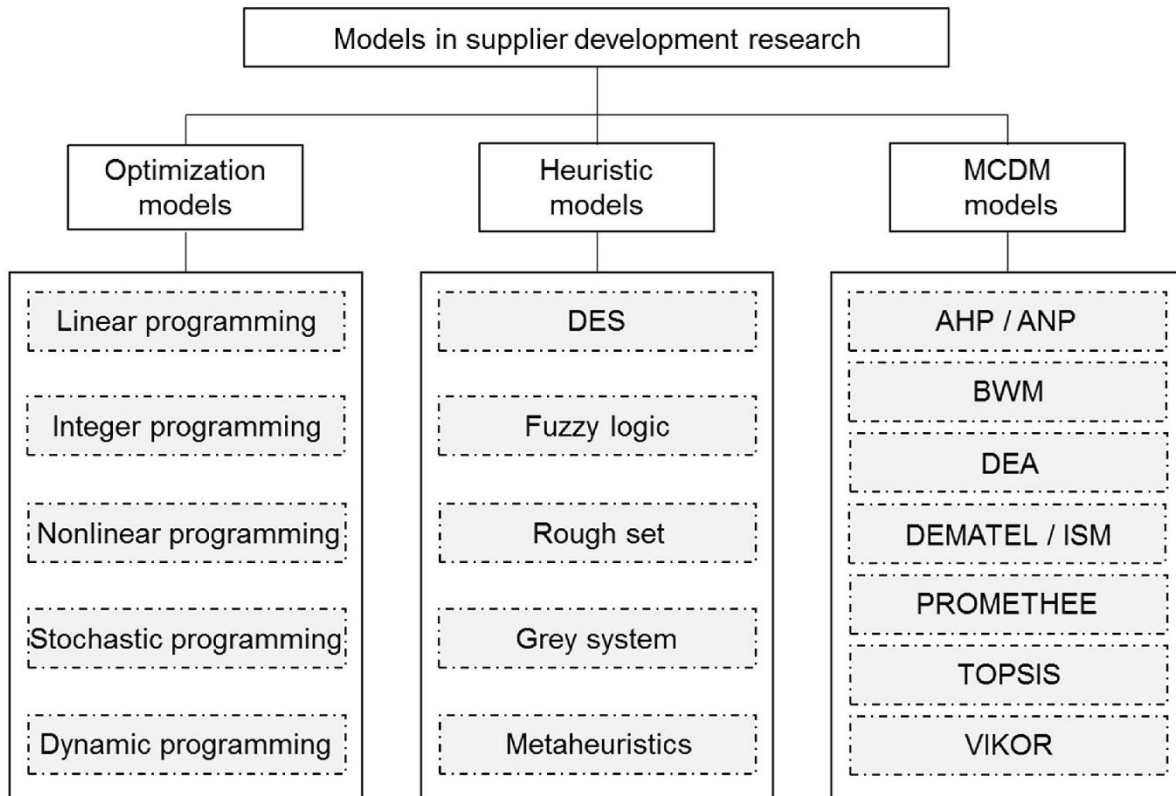


Figura 21 - Aplicación de técnicas de decisión en el proceso de desarrollo de proveedores Fuente: (Glock et al., 2017)

Otro factor importante de las metodologías de teoría de decisión son los criterios adoptados en cada modelado. Los criterios de evaluación de proveedores para el desarrollo de proveedores están representados en la tabla 31, en la mayoría de los estudios los criterios se centran en el rendimiento del proveedor. (Lima-Junior et al., 2016)

Autores	Dimensión	Criterios
Rezaei y Ortt (2013)	Capacidad	Precio, entrega, capacidad, localización geográfica, posición financiera.
	Complacencia	Compromiso con calidad, apertura en comunicación, reciprocidad, complacencia en compartir información, esfuerzo del proveedor en promover principios JIT, relación a largo plazo.
Akman (2014)	Factores ambientales	Diseño sustentable, prevención de contaminación, imagen sustentable, capacidad sustentable, sistema ambiental.
	Rendimiento	Entrega, calidad, coste.
Liou et al. (2014)	Potencial en colaboración	Compromiso con mejoras y reducción de costos, facilidad de comunicación, capacidad financiera, capacidad técnica.
	Entrega	Confiabilidad en la entrega, rendimiento de precios, calidad y cumplimiento, resolución de problemas.
Sahu et al (2014)	Capacidad organizacional	Flexibilidad de los volúmenes, escala de producción, nivel de información.
	Nivel de servicio	Tasa de precio, tiempo de entrega, tasa de entrega
	Grado de colaboración Factores ambientales	Entrega a la hora, tasa de compensación media de pedido Contenido de sustancias peligrosas, consumo de energía, tasa de no perjudicial
Govidan et al. (2009)	-	Presión competitiva, sistema de evaluación y certificación, incentivos, programas de desarrollo de proveedores, comunicación interorganizacional, relación comprador-proveedor, compromiso del proveedor, rendimiento del proveedor, especificidad del activo, acción conjunta, confianza, objetivos estratégicos a largo plazo, soporte de la alta gerencia, rendimiento de compra, objetivo estratégico del proveedor

Tabla 31 – Dimensiones y criterios adoptados en SD (Fuente: Lima-Junior et al., 2016; Govidan et al., 2009)

En otro estudio de Lima-Junior y Ribeiro-Carpinetti (2016) también identificaron otros criterios relacionados al proceso de SD en que se observa a continuación.

Tabla 32 - Continuación

Autores	Dimensión	Criterios
Sarkar and Mohapatra (2006)	Rendimiento a corto plazo	Precio, calidad, capacidad de cumplir entrega, entrega consistente, actitud, apoyo posventa y actitudes positivas hacia las quejas
	Rendimiento a largo plazo	Filosofía de calidad, capacidad financiera, capacidad tecnológica, reputación de integridad, existencia de estándares, historial de rendimiento, cumplimiento de procedimientos de licitación, rentabilidad de proveedores, amplitud de línea de producto, proximidad del proveedor, gestión y organización, contribución a la productividad, resolución de conflictos, instalaciones de producción y capacidad, apertura de comunicación, problemas laborales en el lugar del proveedor y volumen de negocios.

Autores	Dimensión	Criterios
Araz and Ozkarahan (2007)	Strategic partnership	Soporte en diseño estructural de producto, soporte en diseño de proceso e ingeniería, tiempo de revisión de diseño, tiempo de prototipado, nivel de tecnología, desempeño de calidad, solidez financiera, rendimiento de reducción de costos, rendimiento de entrega y facilidad de comunicación
Aksoy and Öztürk (2011)	-	Calidad, rendimiento de entrega JIT, ubicación para el transporte, precio
Zeydan et al. (2011)	-	Nueva gestión de proyectos, gestión de proveedores, gestión ambiental y de calidad, gestión de procesos de producción, gestión de pruebas e inspecciones, gestión de acciones correctivas y preventivas
Ho et al. (2012)	-	Precio, fiabilidad de entrega, entrega, velocidad, conformidad de calidad, aumento de la demanda, gama de productos, diseño, distribución, liderazgo de diseño, ser un proveedor existente, marketing y ventas, marca, enlace técnico y soporte, soporte post-venta
Omurca (2013)	-	Prácticas y sistemas de gestión de calidad, auto auditoría, capacidad de fabricación, gestión de la empresa, capacidades de diseño y desarrollo, capacidad de reducción de costes, rendimiento de calidad, rendimiento de precios, rendimiento de entregas y rendimiento de reducción de costes

Tabla 32 - Dimensiones y criterios adoptados en SD Fuente: (Lima-Junior y Ribeiro-Carpinetti, 2016)

4 Estado de arte

Durante la investigación se revisó y se evaluó artículos de importantes revistas científicas, tesis doctorales y de máster universitarios. Cabe destacar que existe mucha información referente a selección, evaluación y desarrollo de proveedores, pero son pocos autores que las mencionan de manera integrada con el objetivo de realizar una correcta gestión de proveedores. No obstante, las innumerables metodologías de teoría de decisión disponibles al alcance de las personas y la combinación de las mismas, resulta que la probabilidad de coincidir el uso de la misma metodología con la integración de estas tres actividades sean todavía menores. Por lo que, hasta en el momento de elaboración de este trabajo, no se ha encontrado trabajos académicos con respecto a la implementación ANP en la gestión de proveedores de manera integrada y que tenga la alternativa final del modelado el nivel de integración del proveedor a la empresa, y no la selección y/o clasificación del proveedor como suele ocurrir en la revisión bibliográfica.

De igual manera se aborda los autores que han aplicado técnicas de teoría de decisión con la integración de estas tres actividades y aquellos que hayan citado de manera directa e indirecta la gestión de proveedores en algún momento en la revisión de los trabajos, analizando qué tipo de procesos, metodologías y criterios han sido considerados en dicha gestión. En este apartado se ha tenido en cuenta 4 preguntas para elaborar un resumen analítico de investigación:

- ¿cómo abordan la gestión de proveedores en los trabajos académicos?
- ¿qué tipo de metodología ha sido aplicado para el desarrollo del trabajo?
- ¿cuáles son los criterios que han sido adoptados en el modelado?
- ¿qué procesos claves en la gestión de proveedores han tenido en cuenta: (SS, SE, SD)?

También se ha considerado publicaciones en inglés, español y portugués. Los artículos científicos han sido recopilados en GOOGLE ACADEMIC, las tesis doctorales y trabajos de fin de máster fueron consultados en *Open Access Theses and Dissertations* (OATD), una base de datos de trabajos académicos a nivel mundial. A continuación se aborda los documentos encontrados para ofrecer una visión general del tema tratado y, al final de este apartado, se muestra un cuadro del marco referencial de la bibliografía revisada.

A supplier management approach base on carbon performance criteria. Case study: Royal DSM (Vana C., 2014). Trabajo de Fin de Máster realizado en la Delft University of Technology, Países Bajos.

La gestión de proveedores ha sido mencionada como la “gestión de proveedores verde”. Su objetivo consiste en desarrollar una herramienta de evaluación de proveedores sostenibles e identificar la capacidad del proveedor reducir la huella de carbono en sus productos/procesos, analizando así su disposición de colaboración para cumplir con la reducción en la organización y en la cadena de suministro. Se incorpora informaciones del *Life Cycle Assesment* (LCA), una técnica para evaluar el impacto ambiental relacionado con todas las etapas de ciclo de vida del producto, con la metodología *fuzzy Analytic Hierarchy Process* y *Fuzzy Preference Programming* (FFP) para solucionar un problema de decisión multicriterio en la evaluación del proveedor sostenible.

No obstante, la autora solo tiene cuenta el proceso de SE, aunque comenta que los procesos SS, SE y SD son esenciales para realizar una gestión estratégica de proveedores. Los criterios del modelado están representados en la tabla 33.

Dimensión	Criterio	Subcriterio
Capacidad	Competencias gerenciales	Soporte de la alta gerencia
		Plantilla de trabajadores
	Diseño verde	Red
		Eficiencia energética/EMS
		Eco+
Colaboración	Reconocimiento externo	
	Divulgación del Carbono	-
	Control de polución	
	Compromiso del comprador	
	Compromiso con la sostenibilidad	
	Abierto a compartir información	-
	Confianza	
Comunicación estratégica		
	Transporte y packaging	

Tabla 33 - Criterios adoptados por Vana (2014)

An integrated fuzzy model for supplier management: A Case study of ISP selection and evaluation. (Amin y Razmi, 2009). Revista científica de Expert Systems with Applications: An international journal.

Los autores proponen en desarrollar una nueva metodología integrada de gestión de proveedores, incluyendo los procesos SS, SE y SD, para seleccionar el mejor proveedor de ISP (Internet Service Provider). Estos investigadores han identificado una importante laguna en la revisión bibliográfica donde las tres actividades son tratadas con el mismo significado y de manera separadas. Por lo tanto se intenta cubrir estas lagunas creando una metodología en que se selecciona, evalúa y desarrolla el proveedor de manera integrada para mejorar la gestión de proveedores.

Aplicaron dos tipos de metodologías, el *Quality Function Deployment (QFD)* y *Triangular Fuzzy numbers (TFN)*. QFD se aplica en el modelado cuantitativo para realizar la selección del mejor ISP, y después de dicha selección, se evalúa el proceso de SE aplicando TNF. Además, se da una atención especial en la subjetividad humana en la evaluación en los procesos de SS y SE utilizando *Triangular Fuzzy Number (TNF)*.

Los autores proponen una metodología integrada bastante interesante, no obstante se observa que el modelo consiste básicamente en SS y SE, mientras que el SD es abordado como una recomendación en líneas futuras de investigación y tampoco dispone de criterios relacionados a este proceso. Además, en los criterios en los procesos SS y SE no están bien definidos, ya que el modelo se centra exclusivamente en seleccionar un servidor de internet, y no en la selección de un proveedores dentro del ámbito industrial y productivo.

Tabla 34 - Continuación

Criterio	Subcriterio
Especificaciones del cliente	Accesibilidad
	Confiabilidad
	Seguridad
	Velocidad
Descripciones técnicas	Marketing efectivo
	Experiencia
	Estabilidad financiera
	Estabilidad en la gestión
	Alianzas estratégicas

criterio	Subcriterio
Cuantitativos	Soporte
	Cuota mensual
	Variedad de suministro
	Tarifa de instalación

Tabla 34 - Criterios adoptados por Amin y Razmi (2009)

An intelligent supplier evaluation, selection and development system. (Omurca S. I., 2013). Revista científica del Journal Applied Soft Computing.

El artículo no menciona directamente la gestión de proveedores, sino que aborda los procesos de SS, SE y SD como actividades esenciales en la gestión de compras. Este autor también comenta que en la revisión bibliográfica hay una importante laguna sobre la integración de los tres procesos, por lo que se desarrolla la investigación para ofrecer una metodología flexible e integrada de los mismos.

La metodología se basa en el uso integrado de *Fuzzy C-Means* (FCM) y *Rought Set Theory* (RST) en la resolución del problema de SS, SE y SD, donde los proveedores son clustorizados dentro del algoritmo FCM para determinar su desempeño y similitudes (Tabla 35). Enseguida se utiliza RST para determinar la regla de decisión del problema, en el cual se clasifican los proveedores y los criterios más importantes del modelado. En el trabajo de investigación se ha concluido que los criterios más importantes para mejorar el desempeño del proveedor son PMC, Quality y CRP (Tabla 36).

Clúster	Proveedores	Definición del clústers
Clúster 1	S4, S6, S7, S15, S22, S23	Deben ser elegidos como los mejores.
Clúster 2	S1, S5, S8, S12, S13, S14, S19, S20	Deben mejorar su desempeño.
Clúster 3	S2, S3, S9, S10, S11, S16, S17, S18, S21	Deben ser reducidos.

Tabla 35 - Cluster adoptado por Omurca (2013)

Los criterios que han sido considerados se aprecian en la siguiente tabla:

Criterios	
QMP	Prácticas y sistema de gestión de la calidad
SA	Auto auditoría
PMC	Capacidad de procesos y manufactura
MGT	Gestión de la empresa
DD	Capacidad de desarrollo y diseño
CR	Capacidad de reducir coste
Quality	Desempeño de la calidad
Price	Desempeño del precio
Delivery	Desempeño de entrega
CRP	Desempeño de reducción de costes
Others	Otros

Tabla 36 - Criterios adoptados por Omurca (2013)

Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso. (Herrera-Umaña y Osorio-Gómez, 2006). Revista científica de la Revista Estudios Gerenciales, Cali, Colombia.

La gestión de proveedores se desarrolla dentro del contexto de la ISO 9001 y el modelo planteado se enmarca el ciclo de mejoramiento PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Se propone en desarrollar un modelo de gestión aplicando la metodología Fuzzy AHP, comprobando si el proveedor

está lo suficientemente cualificado para obtener la certificación de calidad o si él mismo es capaz de mantenerla. Además se plantea un plan de acción si caso el proveedor no cumple estos requisitos.

Se plantea dos modelados fuzzy AHP, uno para el proceso de SS y el otro para el proceso de SE. Sin embargo, no se integra los dos procesos en un mismo modelado para una correcta gestión de proveedores. Los criterios adoptados en esta metodología se muestran en las tablas 37 y 38.

Criterio	Subcriterio
Empresa	Financiero
	Administrativo
	Tecnológico
	Sistema de gestión de la calidad y procesos
	Infraestructura
Producto	Uso final
	Manejo
	Uso en el proceso
Servicio	Soporte al cliente
	Seguimiento
	Tiempo de entrega
Costes	Descuentos
	Precios
	Plazo de pago

Tabla 37 - Criterios adoptados en SS por Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006)

Criterio	Subcriterio
Entrega de bienes	Fechas
	Cantidades
Entrega de servicios	Fechas
	Cantidades
Calidad	Conformidad
	Funcionalidad
	Reglamentario
	Seguridad
	Ambiental y ergonómico
Pos contractual	Reclamaciones
	Servicio de post venta
Gestión	Facturación
	Requerimientos
	Garantías

Tabla 38 - Criterios adoptados en SE por Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006)

Uma metodologia baseada no modelo SCOR e em inferência fuzzy para apoiar a avaliação de desempenho de fornecedores (Lima-Junior, Roza-Carvalho, Ribeiro-Carpinetti, 2016). Artículo Revista Gestão e Produção, Universidade Federal São Carlos, São Paulo, Brasil.

La gestión de proveedores en este trabajo es abordado dentro del concepto de Park et al. (2010), citado anteriormente en el apartado 3.2.1. Se propone una nueva metodología de apoyo en la evaluación del rendimiento de los proveedores combinando el sistema de inferencia Fuzzy con indicadores del modelo SCOR para una gestión de proveedores eficiente.

La metodología consiste en tres etapas, primero se evalúa el coste y después se evalúa el rendimiento de las operaciones y, por último, se clasifica el proveedor en tres categorías: Nivel I - Proveedor adecuado; Nivel II - Necesidad de reducción de coste; Nivel III - Requiere mejoría en las operaciones; Nivel IV - El proveedor debe ser sustituido. Con el resultado de la evaluación, se agrupan los proveedores que presentan similitudes y se indican directrices para su gestión.

Aunque los autores proponen en crear una metodología en la evaluación del proveedor considerando los procesos de SE y SD, se observa que SD consiste en implementar programas de desarrollo a aquellos proveedores que están clasificados en el nivel III, con lo cual no se aplica los criterios de dicho proceso y tampoco se introduce estas características en el modelado del problema de decisión.

Dimensión	Criterio	Subcriterio
Coste	Coste	Costes asociados con la compra de materiales
		Coste total de los materiales devueltos
		Costes asociados con la administración
Rendimiento de operaciones	Confiabilidad	Recibimiento de los materiales conformes
		Entregas dentro del plazo establecido
		Cumplimiento de las especificaciones, con poca o ninguna avería
	Agilidad	Entrega de documentación en el plazo
		Adaptabilidad en caso de aumentar las cantidades compradas
		Adaptabilidad en caso de disminuir las cantidades compradas
		Riesgo del proveedor

Tabla 39 - Criterios adoptados por Lima-Junior, Roza-Carvalho, Ribeiro-Carpinetti (2016)

Modelo de apoio á decisão multicriterio para classificação de fornecedores em níveis de colaboração no gerenciamento da cadeia de suprimentos utilizando o método ELECTRE TRI. (Guarnieri dos Santos, 2012). Tesis Doctoral de la Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

Se comenta la gestión de proveedores dentro del apartado 3.2.1. Se desarrolla una metodología basándose en ELECTRE TRI para la clasificación de proveedores en distintos niveles de colaboración en la gestión de la cadena de suministro. Los proveedores son clasificados en los siguientes niveles:

- I- Colaborar extensivamente con proveedores más aptos y estratégicos;
- II- Colaborar coordinadamente con proveedores clave;
- III- Colaborar cooperativamente con proveedores aptos y que ya pasaron por el proceso de desarrollo;
- IV- Colaborar limitadamente con proveedores que necesitan de desarrollo.

La autora afirma que el modelado propuesto apoya a la gestión de proveedor y sirve como una herramienta útil donde el decisor puede ofrecerles feedback, realizando un seguimiento con considerando los criterios previamente establecidos.

La metodología consiste en hacer la gestión de proveedores considerando el proceso SE. Vale destacar que la evaluación en este caso, son aquellos que ya pasaron por el proceso de selección y que pertenecen en la cartera de proveedores de la empresa. Los criterios utilizados en el modelado se observa a continuación.

Tabla 40 - Continuación

Dimensión	Criterios
Factores financieros	Precio/coste
	Estabilidad financiera

Dimensión	Criterios
Factores de gestión	Capacidad JIT Entrega Capacidad de producción Flexibilidad Gestión/Organización Localización geográfica Previsión de demanda interactiva Calidad Respuesta a las exigencias de los clientes Servicio
Factores técnicos y tecnológicos	Capacidad tecnológica Capacidad técnica y organizacionales Soporte técnico
Factores de compatibilidad estratégica	Innovación Compartir informaciones Cooperación/compromiso Confianza Correspondencia de metas Acciones conjuntas Involucramiento de la alta gerencia Facilidad de comunicación inter-organizacional Iniciativa

Tabla 40 - Criterios adoptados por Guarnieri dos Santos (2012)

Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management (Lee, Ha y Kim, 2001). Artículo revista IEEE Transactions on Engineering Management

Los autores proponen la integración de selección de proveedor y la gestión de proveedores en que se divide en tres sistemas: I - Estratégica de compras; II - Selección de proveedores; III - Gestión de proveedor. En el trabajo propuesto tiene como principal objetivo de sugerir una metodología que sea efectiva en la gestión de proveedores, manejando la información ya obtenida en el proceso de SS e identificando los criterios más importantes para aplicarlo en dicha gestión.

La metodología utilizada para identificar los criterios gerenciales es el AHP. En base de este estudio se ha concluido que los criterios más importantes son C5, C3, C1 y C2. También se ha determinado a través de la clasificación de Pareto que los criterios C5, C1 y C3 son los más importantes para aquellos proveedores que quieran mejorar su desempeño dentro de la empresa.

Tabla 41 - Continuación

Criterios	Subcriterio
Calidad	C1 - Tasa de rechazo en el control de calidad
	C2 - Tasa de rechazo de los clientes
	C3 - Pérdida de tiempo en la producción
	C4 - Solución de los problemas de calidad
Coste	C5 - Reducción de coste
	C6 - Consistencia del precio
Entrega	C7 - Cumplimiento con la fecha de entrega
	C8 - Cumplimiento con la cantidad
Servicio	C9 - Estado financiero
	C10 - Nivel de cooperación

Criterios	Subcriterio
	C11- Tecnología y capacidad I+D
	C12- Instalación de producción y capacidad

Tabla 41 - Criterios adoptados por Le et al. (2001)

A portfolio-based analysis for green supplier management using the analytical network process. (Zhu, Dou y Sarkis, 2010). Artículo de Revista Supply Chain Management: An International Journal.

El enfoque del artículo es realizar una eficiente “gestión de los proveedores verdes”, en el cual se desarrolla una metodología para evaluar proveedores con la Matriz BCG y ANP. En primer lugar se analiza los proveedores con el ANP y sus respectivos criterios ambientales, y después son clasificados dentro de la matriz BCG para cumplir una gestión del tipo estratégico. Los criterios adoptados por los autores se observa en la siguiente tabla.

Criterios	Subcriterio
Rendimiento estratégico	Coste Calidad Tiempo Flexibilidad Gestión de procesos
Factores organizacionales	Cultura Tecnología Relación
Factores ambientales	Control de polución Prevención de polución Sistema de gestión ambiental Consumo de recursos Contaminación en producción

Tabla 42 - Criterios adoptados Zhu et al. (2010)

An integrative framework for supplier relationship management (Park et al., 2010) Artículo académico de Industrial Management Data System.

En este caso, los proveedores son abordados bajo los conceptos de SRM integrado definido por el propio autor. Básicamente consiste en dos etapas, primero se obtiene el ranking de los proveedores a través de la metodología AHP y enseguida se hace una evaluación de las relaciones dentro de la matriz de Kralic, clasificándolos en la matriz con ejes R-Relación estratégica, C- Relación colaborativa, T- Relación transaccional y Mal, Bueno o Excelente.

En el modelado se observa que los proveedores son evaluados por su rendimiento y colaboración, por lo tanto solo se utiliza el proceso de SE en el problema de decisión. De hecho, los autores afirman que en las futuras líneas de investigación se deben incluir un análisis sobre las relaciones entre los criterios utilizados en el momento de seleccionar y evaluar un proveedor, aparte de desarrollar métricas para evaluar la colaboración. La metodología aplicada es AHP y está compuesto por los siguientes criterios:

Tabla 43 - Continuación

Criterios	Subcriterio
Rendimiento	Coste Calidad Entrega

Criterios	Subcriterio
Capacidad	Tecnología Gestión
Relaciones	Colaboración

Tabla 43 - Criterios según Park et al (2010)

Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure. Araz, C. and Ozkarahan, I. (2007). International Journal of Production Economics.

Los autores mencionan la gestión de proveedores como la “evaluación estratégica de proveedores y un sistema de gestión” en el desarrollo de nuevos productos, donde se integra tres actividades: I – Sistema de evaluación del proveedor; II - *Supplier sorting system*; III - Sistema de gestión de proveedores.

El sistema de evaluación del proveedor consiste en la analizar todos los proveedores, y después son clasificados en cuatro tipos de categorías: (I) *Supplier be pruned*; (II) *Supplier for competitive partnership*; (III) *Promising suppliers*; (IV) *Supplier for strategic partnership*. Se realiza mediante la metodología de teoría de decisión multicriterio PROMETHEE. Además se observa que solo se tiene en cuenta el proceso de SE en el modelado de decisión.

Los autores han determinado adoptar criterios que fueron previamente establecidos por el departamento de diseño de una empresa real, con el objetivo de evaluar la participación del proveedor en el desarrollo de producto y desarrollar una estrategia a largo plazo considerando los siguientes criterios:

Dimensión	Criterios
Relación estratégica en el desarrollo de productos	Soporte en el diseño estructural del proceso Soporte en el diseño e ingeniería del proceso Tiempo de revisión del diseño Tiempo de prototipo Nivel de tecnología Rendimiento de la calidad Estabilidad financiera Desempeño para reducir costes Desempeño de entregas Facilidad de comunicación

Tabla 44 - Criterios adoptados en Araz (2007)

Multicriteria Decision model for collaborative partnerships in supplier strategic management (Guarnieri y Teixeira de Almeida, 2016) Journal of advanced manufacturing System

Se presenta un modelado considerando la gestión de proveedores estratégica, en el cual consiste en aplicar el proceso de selección del proveedor e identificar cuáles son los más estratégicos. El objetivo principal del trabajo de investigación es plantear un modelo permanente donde la empresa evalúa el desempeño del proveedor de manera constante y que se pueda gestionar el tipo de relación que se le debe asignar.

Primero se evalúa los proveedores según los criterios en la siguiente tabla, y a continuación son clasificados en cuatro niveles de colaboración: I - *Synchronized collaboration*; II - *Cooperative*

Collaboration; III - Coordinated collaboration; IV - Transactional collaboration. La metodología empleada en el trabajo fue ELECTRE TRI.

Dimensión	Criterio
Aspectos Financieros	Precio/coste
	Estabilidad financiera
Aspectos gerenciales	Calidad
	Flexibilidad
	Capacidad de producción
Aspectos tecnológicos y técnicos	Gestión de proceso y organización
	Habilidades de JIT
	Capacidad tecnológica y técnica
Compatibilidad estratégica	Soporte técnico
	Innovación
	Compartir información
	Confianza
	Colaboración y compromiso
	Metas semejantes
	Participación de alta gerencia

Tabla 45 - Criterios adoptados por Guarnieri y Teixeira de Almeida (2016)

Decision making regarding information sharing in collaborative relationships under MCDA perspective Guarnieri, 2014 – International Journal of management and Decision Making.

Se propone el desarrollo de una metodología en la gestión de proveedores considerando una decisión estratégica del mejor proveedor para compartir información. Cabe destacar que el proceso, la metodología, la clasificación y otras características son muy parecidas al trabajo realizado por Guarnieri en 2016, ya que es una continuación del trabajo de investigación. Solo hay diferencia con respecto a los criterios adoptados en esta dimensión específica.

Dimensión	Criterios
Compartir información	Compromiso
	Capacidad tecnológica
	Estabilidad financiera
	Fácil comunicación
	Flexibilidad
	Metas semejantes
	Involucramiento de alta gerencia
	Confianza

Tabla 46 - Criterios adoptados por Guarnieri (2014)

Autores (año)	Procesos de gestión de proveedores			Tipo de gestión	Metodologías
	SS	SE	SD		
Vana (2014)	-	X	-	Gestión de proveedores "verdes"	Fuzzy AHP y FPP
Amin y Razmi (2009)	X	X	X *	Gestión integrada de proveedores	QFD y TFN
Omurca (2013)	X	X	X	Gestión integrada de proveedores en función de compras	FCM y RST
Herrera-Omurca y Osori-Goméz (2006)	X	X	-	Gestión de proveedores em función de la ISO 9001	Fuzzy AHP
Lima-Junior et al.(2016)	-	X	X *	Gestión de proveedores conforme Park et al., 2010	SCOR y sistema de inferencia Fuzzy
Guarnieri dos Santos (2012)	X	X	-	Gestión de proveedores en función de SRM	ELECTRE TRI
Lu et al (2001)	-	X	X	Integración de SS y gestión de proveedores	AHP
Zhu et al (2010)	-	X	-	Gestión de proveedores "verdes"	ANP y Matriz BCG
Park et al (2010)	-	X	-	Gestión de proveedores en función de SRM	AHP y Matriz de Kralic
Guarnieri y Teixeira de Almeida (2016)	X	X	-	Gestión de proveedores estratégica	ELECTRE TRI
Guarnieri (2014)	X	X	-	Gestión de proveedores estratégica	ELECTRE TRI
Araz et al (2007)	-	X	-	Gestión de proveedores estratégica	PROMETHEE

Tabla 47 - Cuadro resumen de bibliografía revisada. Fuente: (Elaboración propia)

Notas: * Consideran el proceso de desarrollo de proveedores con la implementación de actividades o programas de desarrollo.

5 Planteamiento de la metodología

Después de haber recopilado información de los diferentes artículos académicos, se ha podido observar que los criterios no están bien definidos en cada proceso de la gestión de proveedores, además son muy pocos autores que comentan los tres procesos de manera integrada. Aparte de que suelen mezclar el significado y los criterios de los procesos de SS, SE y SD. Por lo tanto, se desarrolla el modelado teniendo en cuenta estos inconvenientes identificados en la literatura, estableciendo así los criterios más importantes en cada proceso y el nivel de integración como las alternativas finales del modelado de decisión.

Primero se explica la elección del software más adecuado para el planteamiento de la metodología, y después se realiza un guía de implementación, explicando los pasos a seguir y con las principales características adoptadas en el trabajo.

5.1 Elección de software

Para este modelado se utilizó el software SuperDecision versión v2.8, en que se puede descargar gratuitamente para fines académicos en <https://superdecisions.com/downloads/>. En la propia página web hay pequeños tutoriales y manuales para cómo construir la estructura en red del problema de decisión. Aunque sean modelados muy sencillos, nos da una visión de cómo funciona el sistema.

En este trabajo se optó por utilizar este sistema informático por las siguientes características:

- El sistema permite realizar la comparación pareada entre elementos de manera más visual.
- Los cálculos de consistencias de las comparaciones pareadas son mucho más precisos que realizarlo manualmente, aparte que se puede mejorar las consistencias de las matrices cambiando directamente la escala Saaty en el sistema.
- Una vez realizadas las comparaciones entre elementos, se obtiene de manera automática las supermatrices original, ponderada y límite.
- Cuanto mayor la cantidad de influencias y de criterio en el modelado de decisión, se recomienda utilizar el software y así resulta más cómodo en la obtención de los resultados.
- El programa informático evita que ocurra fatigas por parte del decisor, principalmente en la comparación pareada entre elementos, en el análisis de consistencias de dichas comparaciones y en los cálculos de las supermatrices.

Consecuentemente, se ha ahorrado bastante tiempo con la utilización del software. No obstante, a la medida que el problema de decisión era desarrollado en el sistema, se ha observado que no hay documentos que explican exactamente cómo introducir las influencias determinadas en la matriz interfactorial dentro del sistema. Además los trabajos y revistas académicas ponen directamente el resultado final del problema de decisión sin explicar los pasos de construcción del modelado en Superdecision. Por lo tanto se intenta explicar las etapas de construcción a aquellos que quieran implementar esta metodología u otro tipo de metodología ANP en Superdecision, cumpliendo así, uno de los objetivos específicos de este trabajo.

5.2 Desarrollo de metodología

Una vez recopilada toda la información del proceso de decisión, el primer paso para el desarrollo de la metodología consiste en identificar todos los elementos de la red y agruparlos en clúster para hacer

el modelado en el sistema. El problema de decisión de este trabajo está compuesto por 5 clúster, y sus respectivos criterios están descritos a continuación.

- *Clúster Objetivo (A)*: Consiste en mejorar la gestión de proveedores.
- *Clúster Selección de proveedores (C1)*: En este clúster se ha tenido en cuenta los criterios más críticos en el momento de seleccionar el proveedor y nominarlo a un proyecto. Antes de que ellos sean considerados en la cartera de proveedores de la empresa.
 - *Capacidad de reducir precio (C11)*: Si el proveedor acepta en reducir el precio de los materiales suministrado con respecto a los volúmenes comprados al año. Por ejemplo, aplicando un descuento en el precio de 3% al año.
 - *Capacidad de trabajar JIT (C12)*: Si el proveedor tiene implementada la filosofía JIT en su empresa, que es una filosofía de producción que se orienta a la demanda, evitando procesos, actividades y costes que no aportan valor. Aplicando conocidas herramientas como sistema pull o push, kanban, etc. Se revisa dicho criterio haciendo auditorias de los proveedores.
 - *Certificación ISO (C13)*: Un proveedor que posee certificados ISO al día y válida, trasmite seguridad y buena imagen a la empresa. El hecho de tenerlas comprueban que los proveedores están comprometidos con la mejora continua. Las certificaciones más importantes que se debe tener en cuenta al seleccionar un proveedor es verificar si disponen de certificaciones ISO 9001 – *Certificación de Sistemas de Gestión de la Calidad*, ISO 14001 - *Sistema de Gestión Ambiental* y OHSAS 18001 – *Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo*.
 - *Plazos de entrega (C14)*: También puede ser llamado de tiempo de suministro, que es un indicador que mide el tiempo que se tarda para llegar los materiales a la empresa después que ésta formaliza el pedido de compra. Dentro de este indicador se considera el tiempo de solicitud de la empresa y tramitación del pedido, fabricación del pedido y envío del pedido por parte del proveedor.
 - *Estabilidad financiera (C15)*: Si el proveedor posee rentabilidad, liquidez o cualquier característica financiera que se le considere estable. Un proveedor debe ser capaz de sostener el propio negocio y contribuir con la empresa de manera continua y duradera. Una posibilidad de quiebra y cierre del negocio supondría en problemas a la empresa, como por ejemplo si un proveedor no puede afrontar los pagos con el fabricante, nuestro pedido se retrasaría o cancelaría. Por lo tanto, es más fiable y estable tener una relación a largo plazo si el proveedor es solvente.
 - *Flexibilidad (C16)*: Si el proveedor tiene capacidad de responder de manera adecuada a los constantes cambios del mercado, es decir, el grado de adaptación del proveedor a las necesidades de la empresa, como por ejemplo la capacidad de respuesta y reacción ante un cambio de pedido urgente y que no estaba previsto anteriormente.

- **Habilidad técnica (C17):** Si el proveedor dispone de informaciones, conocimientos y experiencias sobre los productos suministrados a la empresa, así como especificaciones técnicas del producto deseado.
- **Localización geográfica (C18):** La ubicación de los proveedores se supone en ventajas competitivas frente a la reducción de coste y tiempo de suministro, como por ejemplo reducir costes de transporte con la proximidad del proveedor a la empresa, menor tiempo en el transporte de mercancías, mayor rapidez de entrega frente a los pedidos urgentes, etc. Además, la localización geográfica facilita el aprovisionamiento del negocio.
- **Nivel de servicio (C19):** Si el proveedor dispone de un equipo o un departamento comercial accesible y disponible en cualquier tipo de problema o consulta, pudiendo ser fácilmente contactados por email, teléfono o visitas presenciales. Es decir, su disponibilidad y voluntad en auxiliar la empresa cuando sea necesario.
- **Precio (C20):** Si el proveedor determina el precio de sus productos o servicios de manera que sea compatible con el mercado y que tenga la mejor relación coste-beneficio.
- **Clúster Evaluación de proveedores (C2)** – En este clúster se ha determinado los criterios más importantes con respecto a la evaluación del rendimiento del proveedor, cuando éste ya está incluido en la cartera de proveedores y que ya ha suministrado algún tipo de material a la empresa. También se consideran los indicadores de desempeño cuando se utiliza sus materiales en el proceso de producción en la empresa.
 - **Apoyo post venta (C21)** – Una vez que la venta de los productos o servicios es concluida, el proveedor debe ser capaz de solucionar problemas o incidencias que puedan surgir a lo largo del camino, como problemas en la producción (como la sustitución de productos, materiales, mantenimiento, reparaciones, etc.) o con los problemas en el transporte (embalajes no conformes, averías en el transporte, etc.). Un proveedor que dispone de un buen apoyo post venta significa que él está comprometido en aumentar su nivel de calidad y la satisfacción de sus clientes.
 - **Desempeño de entrega JIT (C22)** – Se refiere al rendimiento del proveedor para entregar los materiales dentro del plazo establecido y conformes, es decir, que la entrega sea completada, que las embalajes estén perfectas y sin errores. Se espera que la entrega sea 100% en plazo, y así evitar posibles paros en la línea de producción o roturas de stock en la empresa.
 - **Desempeño de la calidad (C23)** – Si el proveedor es capaz de cumplir con las especificaciones de los productos y servicios previamente acordadas por la empresa, como por ejemplo cantidades, tipo de material, dimensiones, etc. Además el proveedor debe suministrar piezas y servicios que no tengan defectos ni den lugar a posibles reclamaciones. En este criterio también se debe incluir el índice de rechazos del proveedor en producción e índices de fallos por incidencias en el transporte de mercancías.
 - **Paros en la línea de producción (C24)** – Un proveedor jamás debe ocasionar en el paro de línea de producción de la empresa, los indicios más frecuentes son por el incumplimiento de

entregas, falta de materiales, pedidos no programados urgentes, etc. Un proveedor que para la línea de producción resulta en retrasos de los productos al cliente final. Es decir, toda la cadena de suministro es afectada por los fallos del proveedor.

- *Satisfacción del cliente final (C25)* – Aunque se detecte que el proveedor sea responsable de los defectos ocasionados en el cliente final, por ejemplo el cliente revisa un producto que presenta mala calidad, y la empresa detecta que el defecto está relacionado a la materia prima suministrada por el proveedor, vale destacar que la responsabilidad será de la empresa por eventuales inconformidades del cliente final, y no el proveedor. Dado que el fallo ha sido de la empresa por seleccionar este proveedor al proyecto. Por lo tanto el proveedor está directamente relacionado con el nivel de satisfacción de los clientes finales de la empresa, ya que un cliente insatisfecho (por alguna característica de material, composición, etc.) puede ocasionar en el cambio del proveedor para mejorar el nivel de satisfacción de sus clientes.
- *Clúster desarrollo de proveedores (C3)* – En este clúster se ha considerado los principales factores con respecto a la capacidad del proveedor y colaboración para que su desarrollo sea eficiente.
 - *Capacidad Financiera (C31)* – Si el proveedor sigue teniendo solvencia y estabilidad financiera, aparte de disponer recursos y medios suficientes en la inversión de nuevas máquinas, mejorar los procesos de producción y aumentar su capacidad productiva, en las posibles contrataciones de nuevas licencias de sistema informáticos, etc.
 - *Capacidad I+D (C32)* – Si el proveedor dispone de medios y un equipo altamente cualificado para contribuir en la investigación, desarrollo e innovación de nuevos productos. Se trata también de la capacidad de aprendizaje con proyectos, creación de nuevas herramientas y técnicas, evaluación y utilización de tecnologías futuras, competencia en la investigación y desarrollos de nuevos productos, patentes registradas, etc.
 - *Capacidad tecnológica (C33)* – Si los proveedores utilizan sistemas informáticos para el intercambio de datos y captación de pedidos en tiempo real, como por ejemplo EDI. Si tiene una tecnología apropiada para garantizar visibilidad de datos, como por ejemplo ERP, WSM, etc. Aparte de adaptarse a las nuevas tecnologías colaborativas.
 - *Colaboración mutua (C34)* – Si el proveedor y la empresa es capaz de coordinar procesos en conjunto, establecer indicadores claves para el rendimiento de todos los “partners”. Aparte de definir metas y objetivos estratégicos que permita el win-win entre las dos partes.
 - *Compromiso con la mejora (C35)* – Si los proveedores están realmente comprometidos en la mejora, no solo se su empresa, pero también de toda la cadena de suministro. Básicamente consiste en la motivación del proveedor a gastar esfuerzos en la mejora continua.
 - *Habilidad para compartir información (C36)* – Disposición del proveedor para compartir información sobre inventario, planificación de producción, previsión de la demanda, lo que reduce significativamente el efecto látigo en la cadena de suministro, las existencias de socios y mejorar el uso de espacio físico, equipos, maquinaria, personal etc.

- *Relación a largo plazo (C37)* – El equipo del departamento de compras de la empresa y el equipo del departamento comercial del proveedor deben construir una relación a largo plazo con el propósito de potenciar la comunicación, negociación y la mejora continua para lograr la eficiencia y productividad de todo el negocio y de la cadena de suministro.
- *Soporte de la alta gerencia (C38)* – La participación de los directivos y gerentes son extremadamente importantes en el cumplimiento de los objetivos estratégicos y alcanzar el nivel de integración del proveedor a la empresa y desarrollo del proveedor. Son ellos que impulsan los cambios, fomentan el desarrollo y aplicación de cualquier actividad dentro de las empresas. Aparte de motivar su equipo de trabajo a lograr los objetivos.

Antes de definir el clúster de las alternativas es importante mencionar que se ha adaptado algunos conceptos de integración del proveedor a la empresa encontrados en la literatura. Según Ghodspour and O'Brien (1998) citado por Omurca (2013) identificaron cinco niveles de integración, y que éste último autor, ha propuesto una nueva metodología de gestión de proveedores donde incluye los procesos de dicha gestión dentro de cada nivel de integración. En la que se aprecia a continuación.

Niveles de integración	Descripción	Estrategia
1. Sin integración	El precio y la calidad son importantes.	Selección de proveedor
2. Integración logística	Además del precio y la calidad, los elementos de logística operativa, como la fiabilidad y la flexibilidad son importantes.	Selección de proveedor Evaluación de proveedor
3. Integración operacional	la capacidad de proceso del proveedor también debe ser considerada	Selección de proveedor Evaluación de proveedor
4. Integración de proceso y productos con proveedores	Además de los criterios anteriores, se debe considerar la capacidad de gestión del recurso humano del proveedor.	Selección de proveedor Evaluación de proveedor
5. Business partnership	Además de los puntos de vista tecnológicos y de recursos humanos, las direcciones estratégicas del proveedor deben ser consideradas	Selección de proveedor Evaluación de proveedor Desarrollo de proveedor

Tabla 48 - Relación de nivel de integración con los procesos de gestión de proveedores Fuente: (Omurca, 2013)

- *Clúster Alternativas (D)* - Partiendo de esta premisa se ha elegido las siguientes alternativas para el problema de decisión, en que se evalúa el nivel de integración de un proveedor a la empresa. No se ha considerado todos los niveles de integración propuesto por el autor debido a la dificultad de hacer las relaciones e influencias en el sistema, por lo tanto se ha reducido y resumido en 3 niveles de integración.
 - *Sin integración (D1)* – Aunque el proveedor cumpla todos los criterios del proceso de selección de proveedores, no se puede considerarlo como una posible integración del proveedor a la empresa, dado que los criterios de selección de proveedores no son requisitos imprescindibles para realizar y lograr una asociación a largo plazo. Además se desconoce el rendimiento y desempeño del proveedor una vez que éste suministra materiales a la empresa.

- *Posibilidad de integración (D2)* – Cuando el proveedor cumple los criterios del proceso de selección y los criterios en la evaluación del proveedor. Es decir, si mantiene buenos indicadores con respecto a estos criterios, su posibilidad de hacer una asociación a largo plazo es viable y posible.
- *Business partnership (D3)* – Un proveedor cumple con los criterios de los tres procesos de gestión de proveedores de manera eficiente resulta el nivel de integración de la empresa con el proveedor exista y que funcione a largo plazo. Los objetivos estratégicos en este caso deben estar alineados para sacar el mejor beneficio de una relación a lo largo de tiempo.

Una vez bien definidos todos los elementos de la red (Objetivo, criterios, clúster y alternativas), se desarrolla el modelado del problema de decisión en Superdecision. Al abrir el software aparecerá la siguiente pantalla:

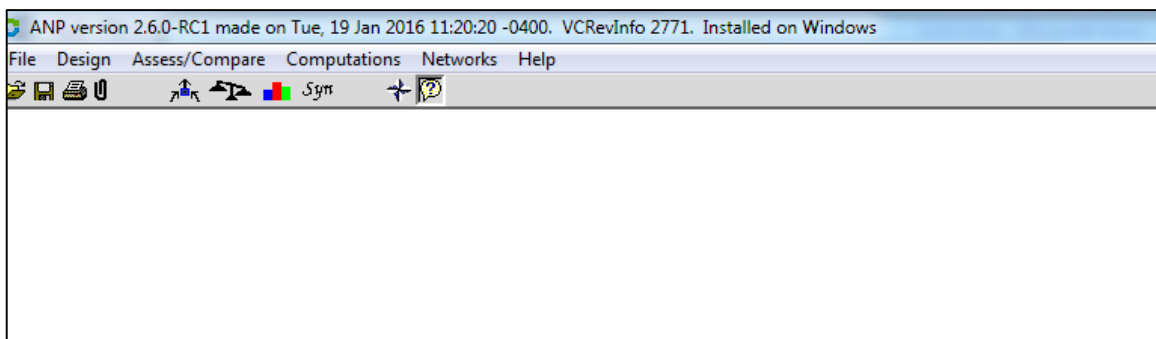


Figura 22 - Pantalla principal del software Superdecision Fuente: (Superdecision)

Para construir la estructura en red se debe hacer un clic en *Design/Cluster/New* para construir los clústers y *Design/Node/New* para construir los criterios (o nodos) del problema de decisión, en este último caso debe seleccionar cual clúster se quiere incluir el nodo. En esta parte de construcción se recomienda poner letras y números al nombrar los clúster y los nodos, dado que las supermatrices son extraídas automáticamente en orden alfabético, por lo que puede generar confusión a la hora de analizar los datos de las supermatrices si no se les asignan algún tipo de orden.

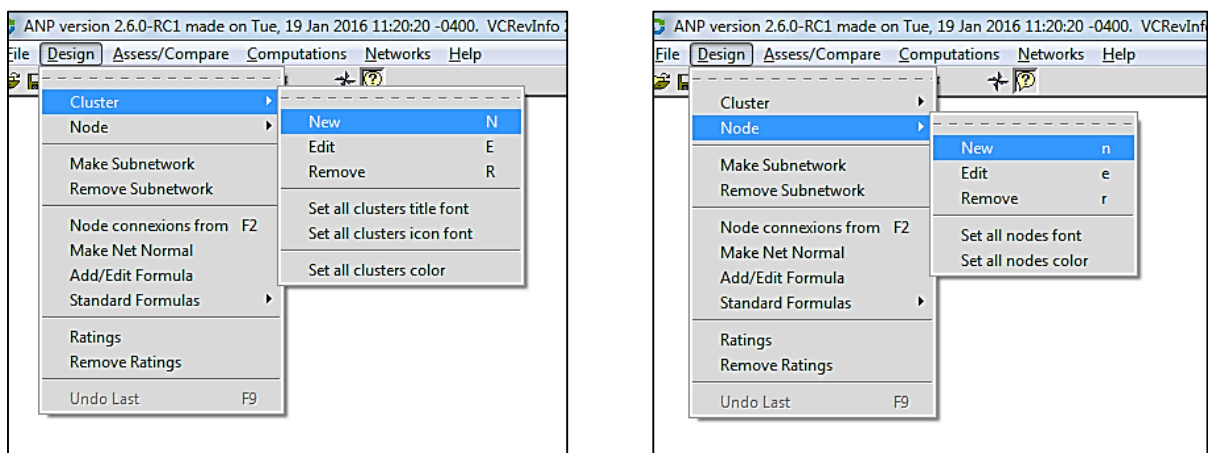


Figura 23 - Construcción de la estructura en red en Superdecision.Fuente: (Superdecision Software)

Después que se hace el clic, aparecerá la siguiente pantalla en que se debe colocar en nombre del Clúster o del nodo y a continuación se pulsa *Save*. El sistema permite cambiar la fuente, color, añadir descripción, etc.

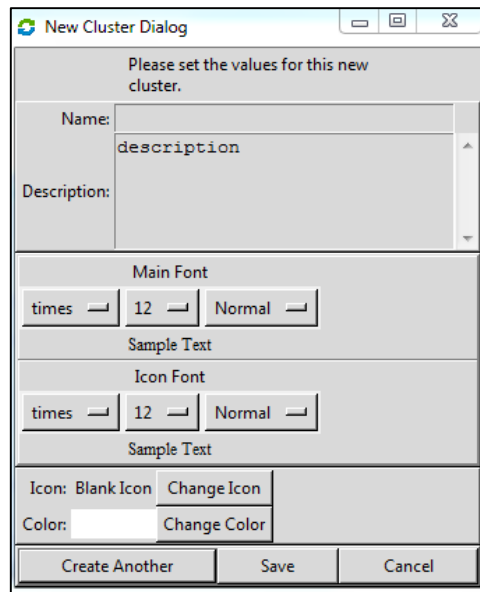


Figura 24 - Construcción de la estructura en red 1. Fuente: (Superdecision software)

Una vez construidos todos los clúster y nodos, la estructura en red del problema de decisión de este trabajo se aprecia a continuación.

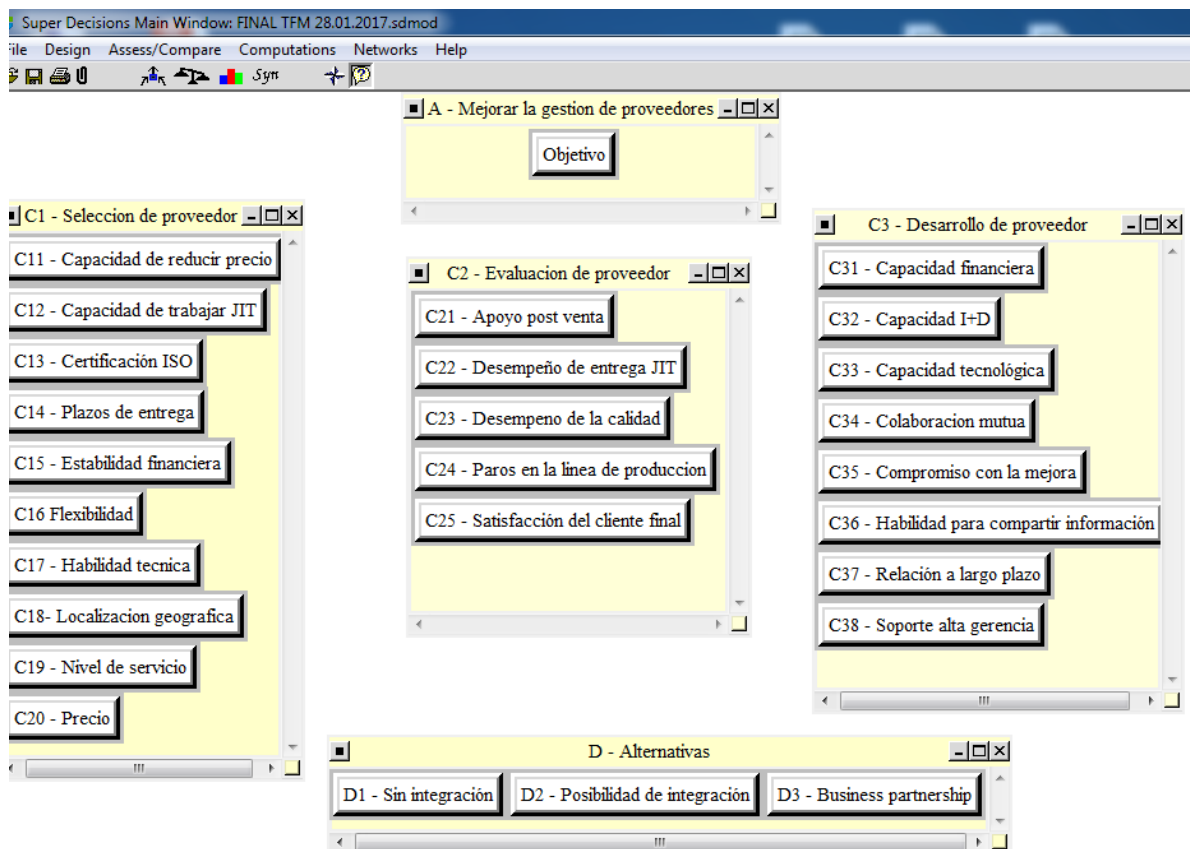


Figura 25 - Estructura en red del trabajo propuesto 1. Fuente: (Elaboración propia)



En segundo paso de la construcción de un problema de decisión ANP es analizar la red de influencias y determinar la matriz de dominación interfactorial del problema de decisión. Considerando los pasos explicados anteriormente, se construye una matriz de dominación interfactorial con todos los elementos del problema de decisión, siendo que en el centro de esta matriz debe presentar los números **1** y **0**, que respectivamente, significan que los criterios presentan influencias y que los criterios no presentan influencias.

La matriz interfactorial del problema de decisión propuesto en este trabajo y sus respectivos comentarios de construcción en el software se muestran a continuación.

		C1										C2					C3					D					
Obj		C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C2	C22	C23	C24	C25	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	D1	D2	D3
Obj	Obj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	C11	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C12	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C16	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C17	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C19	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C20	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
C2	C21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
C3	C31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C33	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	C34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	C35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	C36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
	C37	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
	C38	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1
D	D1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
	D2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
	D3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	

Tabla 49 - Matriz interfactorial propuesto en el trabajo Fuente: (Elaboración propia)

Con respecto a las influencias sobre el objetivo, se ha determinado que todos los criterios presentan influencia sobre el objetivo (en que se aprecia en la parte verde de la matriz). Una vez determinada esta influencia, se construye en Superdecisiones con los siguientes pasos:

- Seleccionar primero el icono 
- Pulsar en el nodo *Objetivo* (botón izquierdo del ratón) y seleccionar los criterios que presentan influencia (botón derecho del ratón).
- Después de terminar las conexiones, basta clicar en  y pasar el ratón encima del nodo *Objetivo* para revisar si las influencias están conectadas correctamente, en que se aparecerá los nodos conectados en rojo.

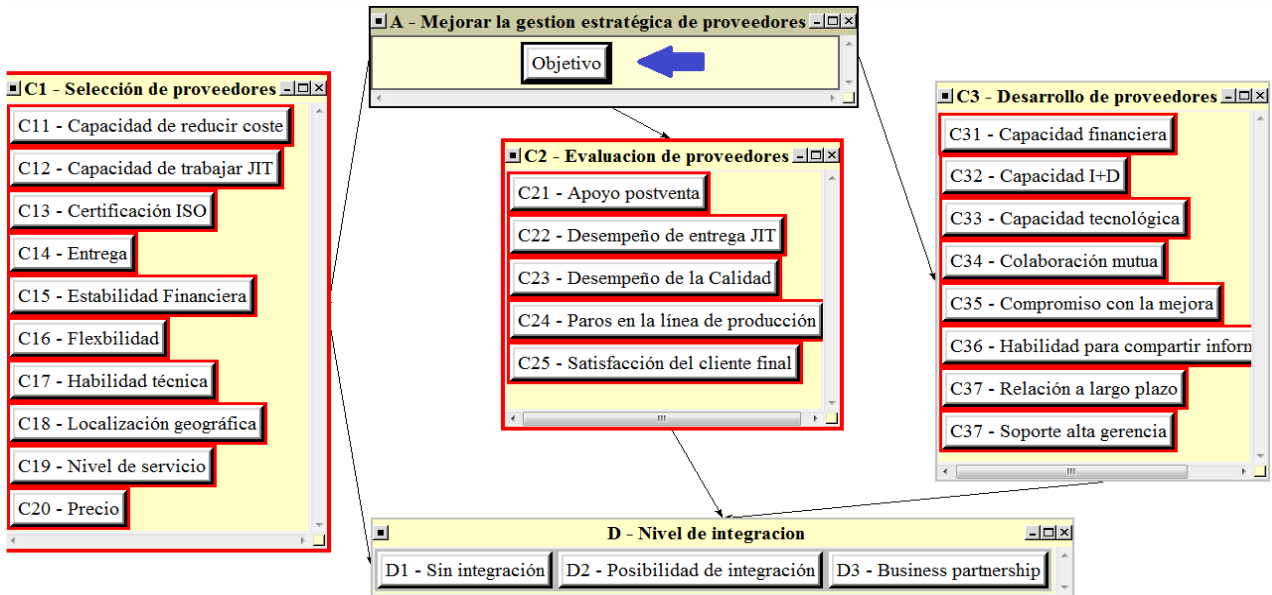


Figura 26 - Estructura en red del trabajo propuesto 2 Fuente: (Elaboración propia)

Cuando hay influencias sobre el mismo clúster (en la parte naranja de la matriz) se debe hacer el siguiente procedimiento. Para poder analizar con más detalles vamos a poner un ejemplo, si cogemos el criterio *C19 - Nivel de servicio* vemos que sobre ese criterio influyen los criterios de *C11 - Capacidad de reducir precio*, *C12 - Capacidad de trabajar JIT*, *C16 - Flexibilidad* y *C17 - Habilidad técnica* dentro del clúster *C1 – Selección de proveedores*. Para poder hacer la conexión de estas influencias en el software se debe seguir estos siguientes pasos:

- Activar el icono.
- Con el botón izquierdo del ratón seleccionar el criterio *C19 - Nivel de servicio*.
- Con el botón derecho del ratón seleccionar los *C11 - Capacidad de reducir coste*, *C12 - Capacidad de trabajar JIT*, *C16 - Flexibilidad* y *C17 - Habilidad técnica*.

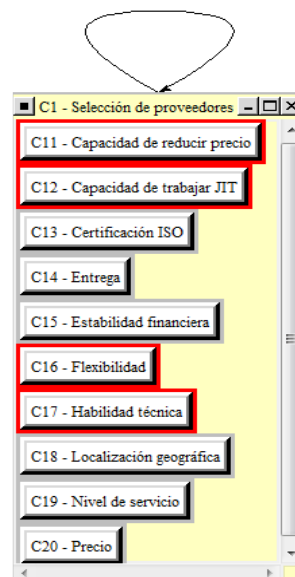




Figura 27 - Estructura en red del trabajo propuesto 3. Fuente: (Elaboración propia)

Aplicar el mismo procedimiento en todos los criterios que han presentado influencia dentro del mismo clúster en la matriz interfactorial.

También se ha considerado que todas las alternativas influyen en todos los criterios (Ver influencias horizontalmente en azul) y que todos los criterios influyen en todas las alternativas (Ver influencias verticalmente en azul). A continuación se muestra sus respectivas conexiones en el software:

- Activar la conexión dando un clic al icono ;
- Clicar en D1 (Botón izquierdo del ratón) y seleccionar todos los criterios de los clúster C1, C2 y C3 (Botón derecho del ratón). Hacer la misma operación para el D2 y D3. Estas son las influencias verticales de la parte azul en la matriz interfactorial.
- Apretando el SHIFT y con el botón izquierdo del ratón se selecciona todos los nodos del clúster C1, C2 y C3 y después con el botón derecho del ratón se selecciona el nodo D1. Volver a repetir la misma operación para conectar D2 y D3. Estas son las influencias horizontales de la parte azul en la matriz interfactorial.
- Para confirmar las influencias están correctas se activa el icono  y revisarlas visualmente.

Una vez completadas las conexiones entre los elementos que presentaron influencias en la matriz interfactorial, el modelado del problema de decisión propuesto de este trabajo se observa en la siguiente figura.

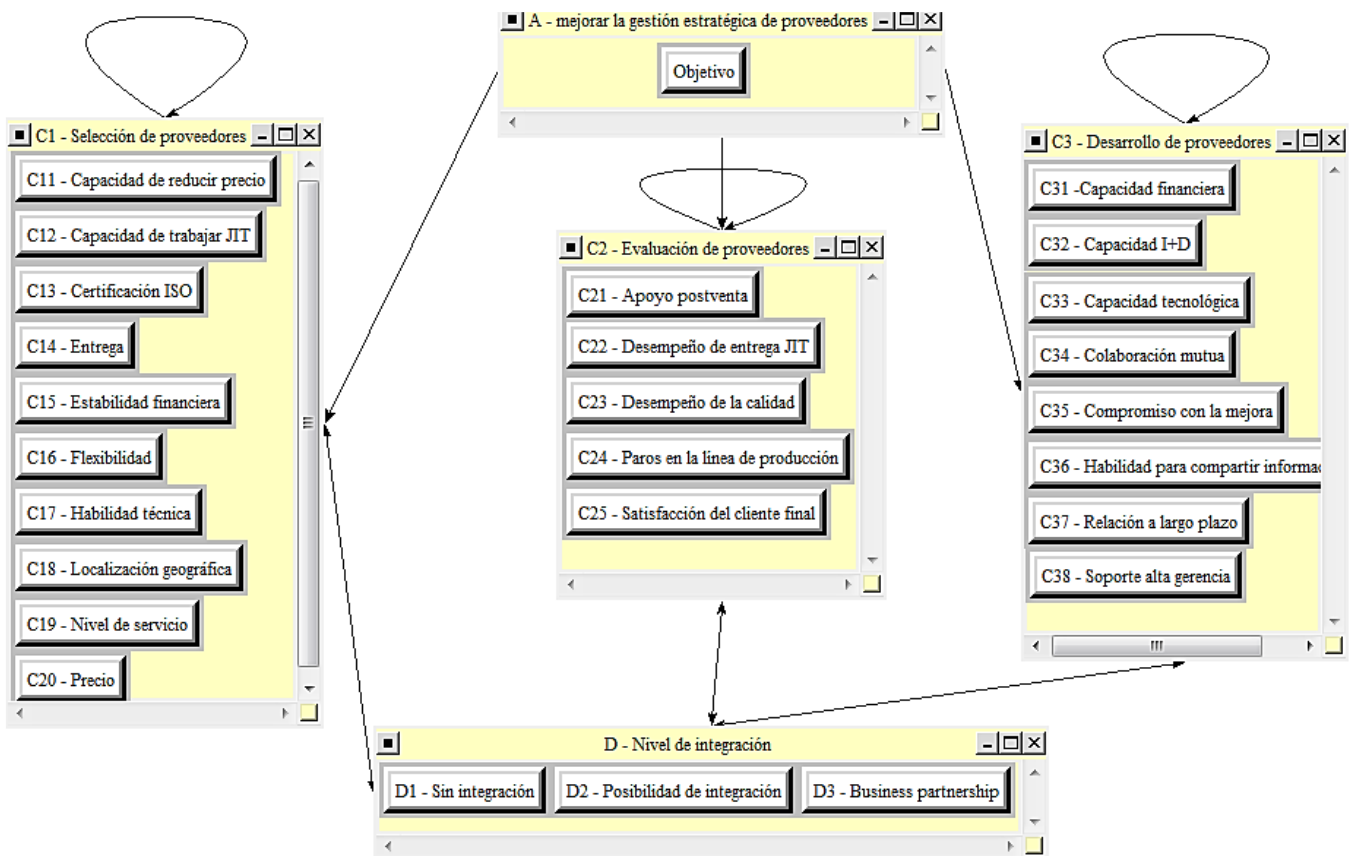


Figura 28 - Estructura en red del trabajo propuesto 4. Fuente: (Elaboración propia)

Otro método muy eficiente para analizar si las conexiones entre los elementos del software son iguales a la matriz interfactorial es revisarla a través de propio sistema. En este caso hay dos opciones: (I) Clicando en *Computations/Unweighted SuperMatrix/ Grafic* o entonces en *Text*; (II) Clicando en

File/Export/Unweighted Supermatrix, guardar el archivo en el ordenador y abrirlo directamente en Excel.

En esta matriz extraída del sistema se muestra una ponderación entre los elementos que presentaron influencia en el software, por ejemplo, si observamos la parte verde de la matriz interfactorial (Tabla 50) se muestra que todos los criterios han presentado influencia en el nodo *Objetivo*, con lo cual en la siguiente matriz (Tabla 51) es imprescindible que presente un número diferente a cero con respecto a estas influencias. Si por algún motivo faltan ponderaciones entre los elementos que presentaron influencia previamente, se recomienda revisar las conexiones en el sistema antes de empezar la comparación pareada y seguir con los próximos pasos.

		C1										C2					C3								D			
	Obj	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C2	C22	C23	C24	C25	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	D1	D2	D3	
	Obj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C1	C11	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0,25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C12	0,10	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C13	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C14	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C15	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C16	0,10	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C17	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C18	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C19	0,10	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
	C20	0,10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,10
C2	C21	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2
	C22	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0,25	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2
	C23	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0,25	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2
	C24	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2
	C25	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2
C3	C31	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,125	0,125	0,125	
	C32	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,125	0,125	0,125	
	C33	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,125	0,125	0,125	
	C34	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125
	C35	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	
	C36	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	1	0	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	
	C37	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0,25	0,125	0,125	0,125
	C38	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0,25	0	0,125	0,125	0,125
D	D1	0	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0	0	0	
	D2	0	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0	0	0	
	D3	0	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0	0	0	

Tabla 50 - Unweighted Super Matriz sin comparación pareada Fuente: (Elaboración propia)

Una vez revisada las influencias, el tercer paso se calcula las prioridades entre los elementos que presentaron influencia en la matriz de dominación interfactorial, y así poder sacar la supermatriz original del problema de decisión.

En esta etapa se determina cuáles de los elementos presentan más influencia y que a continuación se le asigna una escala Saaty, determinado así su grado de importancia. Cabe destacar que en esta etapa es importante revisar el ratio de consistencias de las comparaciones pareadas toda vez que atribuí una escala en el sistema, que en Superdecision debe ser menor que **0.1** para considerar una matriz de comparación pareada consistente.

Para empezar las comparaciones pareadas entre los elementos que presentaron influencias, se pulsa en *Asses-Compare/Pairwise comparisons* en la parte superior izquierda del programa en que se enseñará la siguiente pantalla (Fig 29).

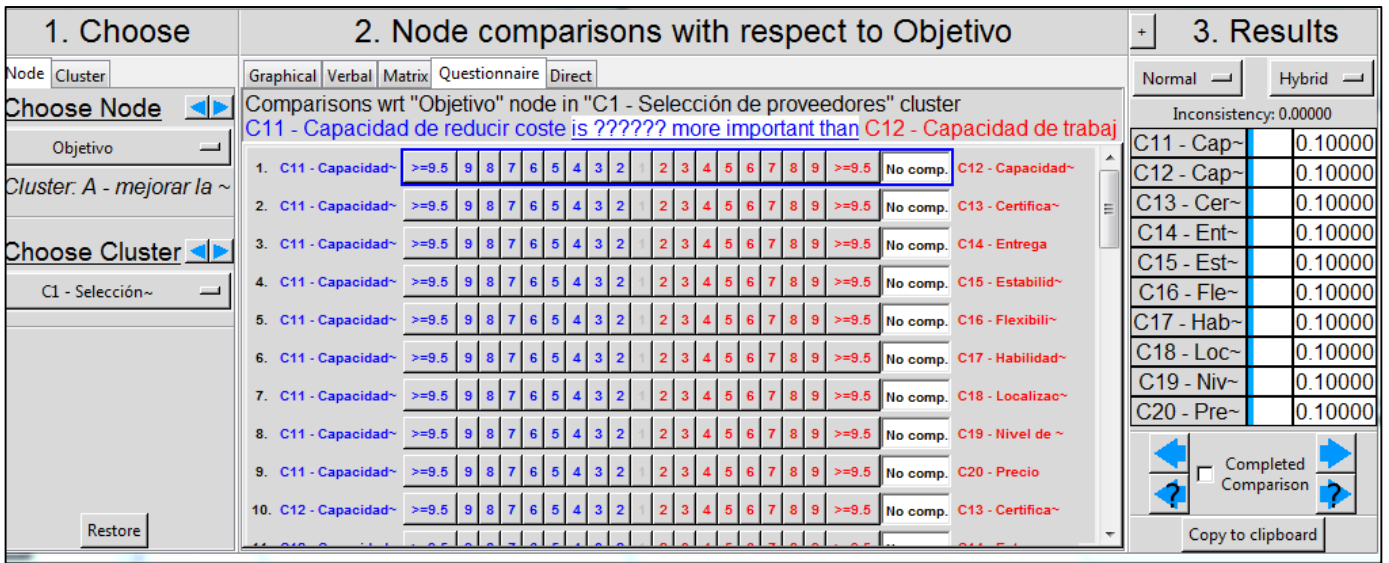


Figura 29 - Comparación pareada en Superdecision Fuente: (Superdecision V2.8)

Se puede evaluar las prioridades entre los elementos de diferentes maneras, por medio de *Graphical*, *Verbal*, *Matriz*, *Questionnaire* o *Direct*. Son diferentes tipos de análisis para asignar la escala Saaty, pero que funcionan de igual manera. En este presente trabajo se hizo la comparación pareada entre los elementos por medio del cuestionario.

El cuestionario está compuesto por dos elementos: X e Y. En este proceso se debe preguntar con respecto al clúster o sobre ellos mismos: (I) ¿cuáles de los dos elementos tiene más influencia?; (II) ¿cuánto de influencia tiene el elemento elegido?

Elemento X	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Elemento Y
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------

Tabla 51 - Cuestionario en Superdecision Fuente: (Elaboración propia)

Después que todas las comparaciones son realizadas y que el ratio de consistencia entre ellas es menor que 0.1, se extrae la Supermatriz Original, Supermatriz Ponderada y Supermatriz Límite de manera automática en el sistema. Para ello se necesita pulsar *Computations* o en *File* para exportar las supermatrices. Cabe destacar que las supermatrices en Superdecision se llaman de la siguiente manera y que puede ser observador a continuación.

- Supermatriz original = *Unweighted Supermatrix*
- Supermatriz ponderada = *Weighted Supermatrix*
- Supermatriz límite = *Supermatrix limit*

Nota: Una manera de revisar si no olvidamos de ninguna comparación pareada o si hay algún error en el sistema se pulsa en *Computation/Sanity Check*, en que aparecerá el aviso de la siguiente manera. En *Fix info* se comenta lo que debes hacer para arreglar el error. Si no hay error en el sistema saltará un mensaje de *There were no errors/warnings*, con lo cual significa que el proceso está concluido para extraer las supermatrices.

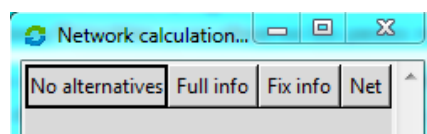


Figura 30 - Aviso de errores en Superdecision Fuente: (Software Superdecision)

Supermatriz original

		C1								C2								C3								D		
	Obj	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	D1	D2	D3	
	Obj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	C11	0,11476	0	0	0	0	0	0	0	0,160415	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,09610	0,03832	0,02928	
	C12	0,19867	0	0	0	0	0	0,5	0	0,291956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12053	0,17578	0,16147	
	C13	0,03827	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05431	0,05074	0,06184	
	C14	0,13262	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13397	0,18720	0,08295	
	C15	0,02579	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04890	0,03809	0,05944	
	C16	0,17819	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,433476	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13525	0,13925	0,21756
	C17	0,08362	0	0	0	0	0	0	0	0	0,114152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06504	0,12800	0,15132
	C18	0,02524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03782	0,03904	0,03675
	C19	0,10531	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12479	0,14361	0,16138
	C20	0,09754	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,18330	0,05995	0,03801
C2	C21	0,06936	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,125	0,108658	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06936	0,08371	0,11180	
	C22	0,29050	0	0	0	0	0	0	0	0	0,333333	0	0	0,375	0,307826	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29050	0,17198	0,23839	
	C23	0,29050	0	0	0	0	0	0	0	0	0,333333	0	0	0,375	0,344125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29050	0,20972	0,23839	
	C24	0,23199	0	0	0	0	0	0	0	0	0,333333	0	0	0	0,144957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,23199	0,29248	0,21661	
	C25	0,11765	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,125	0,094434	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11765	0,24211	0,19482	
C3	C31	0,07312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14816	0,15474	0,11871	
	C32	0,13740	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11520	0,10988	0,11754	
	C33	0,07637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12094	0,09939	0,12298	
	C34	0,18096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14673	0,13512	0,13593	0,11481	0,09759	
	C35	0,17202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,30980	0,308465	0,11809	0,09847	0,12298	
	C36	0,16584	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,41260	1	0	0,36172	0,356912	0,13731	0,13485	0,14780	
	C37	0,08695	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25992	0	0	0,199504	0,12624	0,12144	0,15153	
	C38	0,10734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,32748	0	0	0,181755	0	0,09813	0,16643	0,12087
D	D1	0	0,60000	0,49339	0,59363	0,54995	0,59363	0,59363	0,63371	0,63371	0,50000	0,54995	0,11722	0,11722	0,13965	0,19580	0,15706	0,09888	0,20813	0,12654	0,10065	0,11722	0,13965	0,09888	0,10853	0,00000	0,00000	0,00000
	D2	0	0,30000	0,31081	0,24931	0,20984	0,24931	0,24931	0,17437	0,17437	0,25000	0,20984	0,61441	0,61441	0,33252	0,49339	0,59363	0,36429	0,13111	0,18648	0,22554	0,26837	0,33252	0,36429	0,34455	0,00000	0,00000	0,00000
	D3	0	0,10000	0,19580	0,15706	0,24021	0,15706	0,15706	0,19192	0,19192	0,25000	0,24021	0,26837	0,26837	0,52784	0,31081	0,24931	0,53683	0,66076	0,68698	0,67381	0,61441	0,52784	0,53683	0,54693	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 52 - Supermatriz original Fuente:(Elaboración propia)

Supermatriz Ponderada

Obj	C1					C2					C3					D										
	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	D1	D2	D3
Obj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C11	0.038253	0	0	0	0	0	0	0	0.026736	0.166667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007478	0.002982	0.002278
C12	0.066222	0	0	0	0	0.083333	0	0.048659	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.009379	0.013679	0.012565
C13	0.012757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004226	0.003949	0.004812
C14	0.044207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.010425	0.014568	0.006455
C15	0.008595	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003806	0.002964	0.004626
C16	0.059395	0.083333	0	0	0	0	0	0.072246	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.010524	0.010836	0.016930
C17	0.027872	0	0	0	0	0	0	0.019025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005061	0.009961	0.011775
C18	0.008415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002943	0.003038	0.002860
C19	0.035102	0.083333	0	0	0.083333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.009711	0.011175	0.012558
C20	0.032514	0	0	0.166667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.014263	0.004665	0.002957
C21	0.023121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.017857	0.015523	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.030191	0.036436	0.048662
C22	0.096832	0	0	0	0	0	0	0	0	0.047619	0	0	0.053571	0.043975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.126442	0.074857	0.103760
C23	0.096832	0	0	0	0	0	0	0	0	0.047619	0	0	0.053571	0.049161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.126442	0.091281	0.103760
C24	0.077330	0	0	0	0	0	0	0	0	0.047619	0	0	0	0.020708	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.100977	0.127304	0.094280
C25	0.039217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.017857	0.013491	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.051209	0.105383	0.084799
C31	0.024373	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.072143	0.075346	0.057801
C32	0.045801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.056093	0.053501	0.057230
C33	0.025456	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.058888	0.048395	0.059882
C34	0.060318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.024455	0.022520	0.066187	0.055902	0.047521
C35	0.057339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.051633	0.051411	0.057501	0.047947	0.059882
C36	0.055281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.068766	0.166667	0.060287	0.059485	0.066859	0.065662	0.071967		
C37	0.028985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.043320	0	0	0.033251	0.061468	0.059131	0.073785	
C38	0.035780	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.054580	0	0.030292	0	0.047782	0.081039	0.058854		
D1	0.600000	0.411155	0.593634	0.458288	0.593634	0.494695	0.633708	0.633708	0.416667	0.458288	0.100475	0.117221	0.139648	0.167829	0.134619	0.098884	0.208127	0.126543	0.083878	0.097684	0.139648	0.082403	0.090437	0	0	0
D2	0.300000	0.259011	0.249311	0.174870	0.249311	0.207759	0.174371	0.174371	0.208333	0.174870	0.526638	0.614411	0.332516	0.422902	0.508829	0.364292	0.131112	0.186475	0.187946	0.223640	0.332516	0.303576	0.287121	0	0	0
D3	0.100000	0.163167	0.157056	0.200176	0.157056	0.130880	0.191921	0.191921	0.208333	0.200176	0.230030	0.268369	0.527836	0.266412	0.213695	0.536825	0.660761	0.686981	0.561509	0.512009	0.527836	0.447354	0.455775	0	0	0

Tabla 53 - Supermatriz Ponderada Fuente: (Elaboración propia)

Supermatriz Límite

		C1								D			
	Obj	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C38	D1	D2	D3
C1	Obj	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	C11	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395	0.002395
	C12	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915	0.006915
	C13	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099	0.002099
	C14	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885	0.004885
	C15	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846	0.001846
	C16	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542	0.007542
	C17	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892	0.004892
	C18	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408	0.001408
	C19	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735	0.006735
C20	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	0.003455	
C2	C21	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205	0.021205
	C22	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034	0.052034
	C23	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241	0.055241
	C24	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576	0.053576
	C25	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152	0.043152
C3	C31	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017	0.032017
	C32	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627	0.026627
	C33	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499	0.026499
	C34	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374	0.027374
	C35	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798	0.029798
	C36	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801	0.043801
	C37	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973	0.033973
	C38	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830	0.033830
D	D1	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963	0.080963
	D2	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637	0.181637
	D3	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101	0.216101

Tabla 54 - Supermatriz limite Fuente: (Elaboración propia)

6 Resultados obtenidos

Este apartado es el más importante de todos, dado que se comentará sobre los resultados obtenidos a partir de la evaluación del problema de decisión. Una vez realizadas las comparaciones pareadas entre los elementos y extraídas las matrices del modelado, se obtiene la prioridad global de los elementos y el ranking entre las alternativas propuestas.

En el programa informático se consulta dicha información haciendo un clic en *Computations/Priorities*, y se observa los pesos referentes al modelado en la tabla 55.

Se observa que en la columna *Normalized by Cluster* representa las prioridades de cada elemento que pertenece dentro del mismo clúster, también se puede comprobar que la suma de los pesos en esta columna con respecto al clúster debe sumar 1. Mientras que en la columna *Limiting* se refiere a la prioridad global o pesos de todos los elementos en función del problema de decisión, que en este caso todos los elementos (incluyendo alternativas y criterios) deben sumar 1.

Clúster	Name	Normalized By Cluster	Limiting
Clúster Objetivo	Objetivo	0.00000	0.000000
	C11 - Capacidad de reducir coste	0.05679	0.002395
	C12 - Capacidad de trabajar JIT	0.16397	0.006915
	C13 - Certificación ISO	0.04977	0.002099
	C14 - Entrega	0.11584	0.004885
Clúster Selección de proveedores	C15 - Estabilidad financiera	0.04377	0.001846
	C16 - Flexibilidad	0.17884	0.007542
	C17 - Habilidad técnica	0.11600	0.004892
	C18 - Localización geográfica	0.03339	0.001408
	C19 - Nivel de servicio	0.15970	0.006735
	C20 - Precio	0.08193	0.003455
Clúster Evaluación de proveedores	C21 - Apoyo postventa	0.09416	0.021205
	C22 - Desempeño de entrega JIT	0.23105	0.052034
	C23 - Desempeño de la calidad	0.24529	0.055241
	C24 - Paros en la línea de producción	0.23790	0.053576
	C25 - Satisfacción del cliente final	0.19161	0.043152
Clúster Desarrollo de proveedores	C31 - Capacidad financiera	0.12609	0.032017
	C32 - Capacidad I+D	0.10486	0.026627
	C33 - Capacidad tecnológica	0.10436	0.026499
	C34 - Colaboración mutua	0.10781	0.027374
Clúster Alternativas	C35 - Compromiso con la mejora	0.11735	0.029798
	C36 - Habilidad para compartir información	0.17250	0.043801
	C37 - Relación a largo plazo	0.13379	0.033973
	C38 - Soporte alta gerencia	0.13323	0.033830
Clúster Alternativas	D1 - Sin integración	0.16913	0.080963
	D2 - Posibilidad de integración	0.37944	0.181637
	D3 - Business partnership	0.45143	0.216101

Tabla 55 - Prioridades del problema de decisión Fuente: (Superdecision Software)

En este presente trabajo, iremos analizar las prioridades de la columna Limiting, dado que representa en problema de decisión en general. Además se elabora una gráficas donde podemos analizar cuales criterios presentan más pesos para mejorar la gestión de proveedores. Se determinó que la alternativa preferible para lograr el una buena gestión, teniendo en cuenta los criterios de cada proceso de gestión, es la alternativa de *nivel D3 – Business partnership* con presentando un 21,61%, en segundo lugar presenta la alternativa *D2 – Posibilidad de integración* con un 18,16% y, en tercer lugar la alternativa *D1 – Sin integración con el proveedores* con un 8,09%. (Fig. 31).

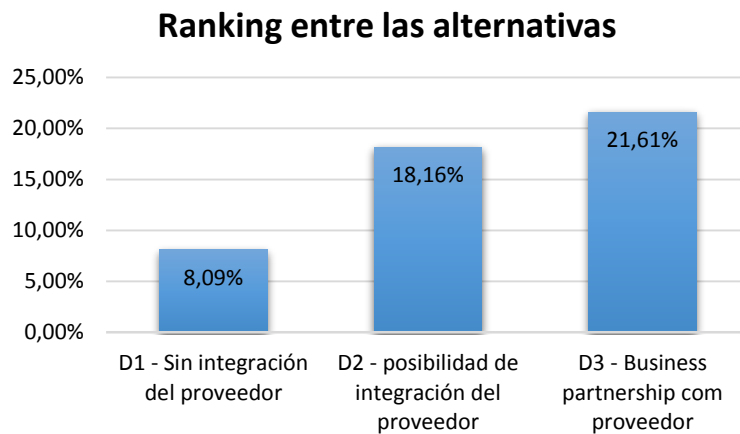


Figura 31 - Ranking entre las alternativas Fuente:(Elaboración propia)

A continuación se muestra la sitentización de los datos del programa informático, en que se debe pulsar en *Computations/Synthesis* para obtener los resultados finales y las prioridades entre las alternativas. La columna *Raw* nos da la prioridad de los elementos a través de la supermatriz limite (igual que en la tabla 55), la columna *Normals* nos da los resultados normalizados de cada componente (también igual que en la tabla 55) y la columna *Ideals* nos da el resultado dividiendo los valores en las columnas Normalized o las Limiting por el valor más grande en la columna.

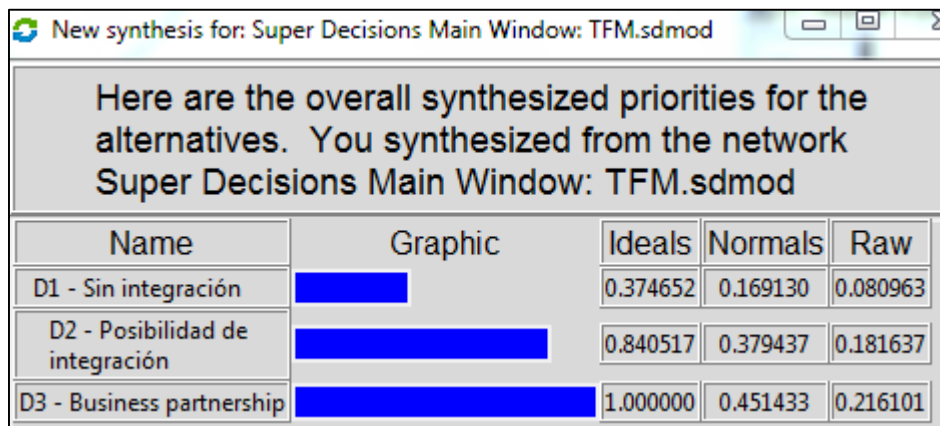


Figura 32- Sintetización de los datos Fuente: (Superdecision software)

Además, con los resultados obtenidos a través del sistema, se presenta la prioridad global (o pesos) de todos elementos del proceso de gestión de proveedores en que se observa en la figura 33.

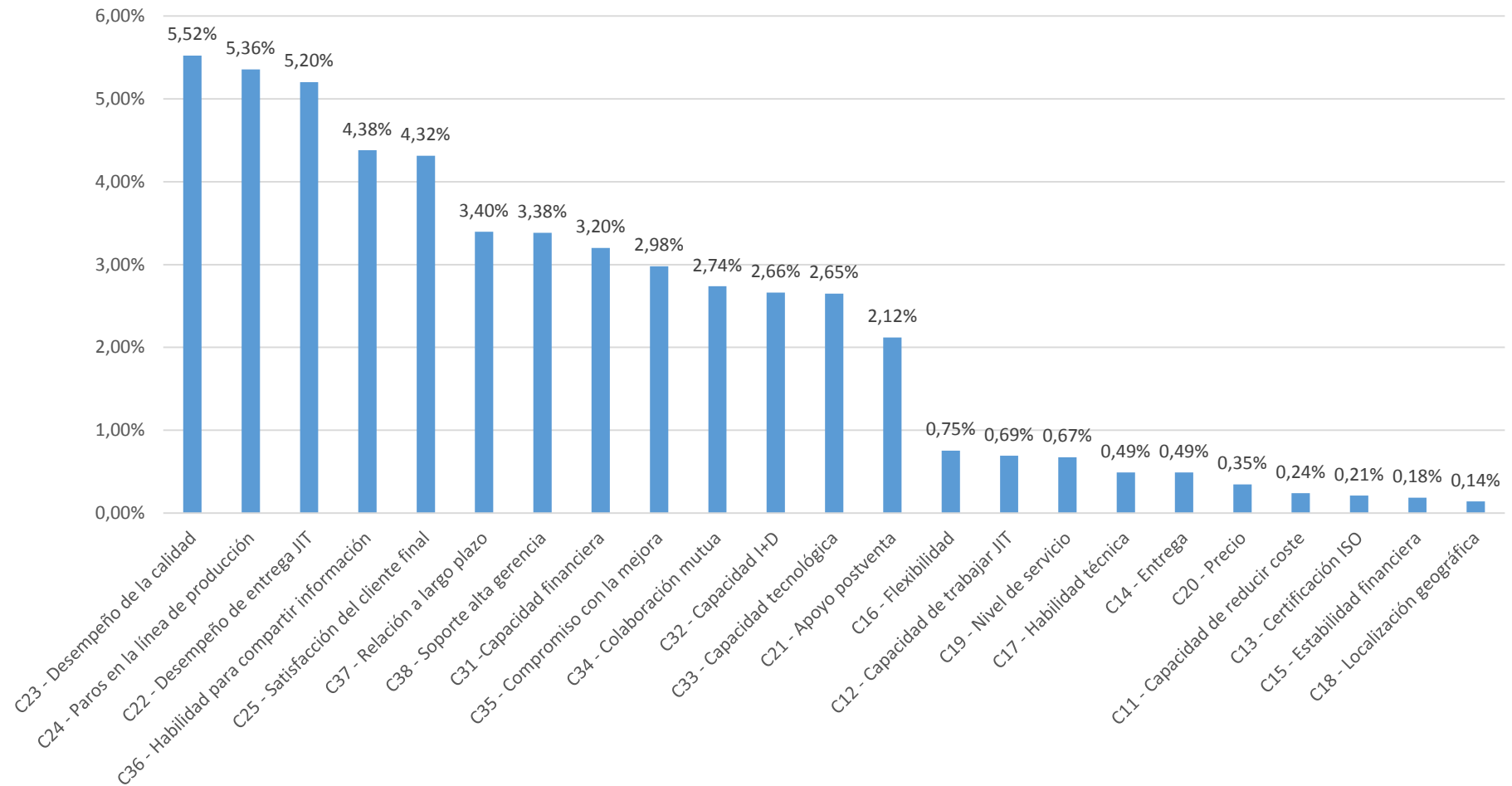


Figura 33 - Prioridad global del problema de decisión propuesto en el trabajo Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 33 se observa que los indicadores que tienen más pesos en el problema de decisión son los *C23 – Desempeño de la calidad*, *C24 – Paros en la línea de producción* y *C22 – Desempeño de entrega JIT*. Asimismo, en este presente trabajo se considera que todos los criterios son considerados para hacer una correcta gestión de proveedores. En la siguiente tabla se puede observar que los criterios más importantes del problema de decisión (de C23 hasta C21) predominan en los procesos de evaluación del proveedor y desarrollo del proveedor para hacer dicha gestión.

Objetivo	Pesos	Dimensión
C23 - Desempeño de la calidad	5,52%	Evaluación del proveedor
C24 - Paros en la línea de producción	5,36%	Evaluación del proveedor
C22 - Desempeño de entrega JIT	5,20%	Evaluación del proveedor
C36 - Habilidad para compartir información	4,38%	Desarrollo del proveedor
C25 - Satisfacción del cliente final	4,32%	Evaluación del proveedor
C37 - Relación a largo plazo	3,40%	Desarrollo del proveedor
C38 - Soporte alta gerencia	3,38%	Desarrollo del proveedor
C31 -Capacidad financiera	3,20%	Desarrollo del proveedor
C35 - Compromiso con la mejora	2,98%	Desarrollo del proveedor
C34 - Colaboración mutua	2,74%	Desarrollo del proveedor
C32 - Capacidad I+D	2,66%	Desarrollo del proveedor
C33 - Capacidad tecnológica	2,65%	Desarrollo del proveedor
C21 - Apoyo postventa	2,12%	Evaluación del proveedor
C16 - Flexibilidad	0,75%	Selección del proveedor
C12 - Capacidad de trabajar JIT	0,69%	Selección del proveedor
C19 - Nivel de servicio	0,67%	Selección del proveedor
C17 - Habilidad técnica	0,49%	Selección del proveedor
C14 - Entrega	0,49%	Selección del proveedor
C20 - Precio	0,35%	Selección del proveedor
C11 - Capacidad de reducir coste	0,24%	Selección del proveedor
C13 - Certificación ISO	0,21%	Selección del proveedor
C15 - Estabilidad financiera	0,18%	Selección del proveedor
C18 - Localización geográfica	0,14%	Selección del proveedor

Tabla 56 - Indicadores con sus respectivas perspectivas Fuente: (Elaboración propia)

Si analizamos los criterios que pertenecen por cada clúster, o sea, con respecto a cada proceso de gestión de proveedores, nos dará los siguientes resultados para la selección de proveedores (Fig 34), Evaluación de proveedores (Fig 35) y desarrollo de proveedores (Fig 36).

En el proceso de selección de proveedores se determinó que los criterios con más pesos son *C16 – Flexibilidad*, *C12 – Capacidad de trabajar JIT* y *C19 – Nivel de servicio*.

Selección de proveedores

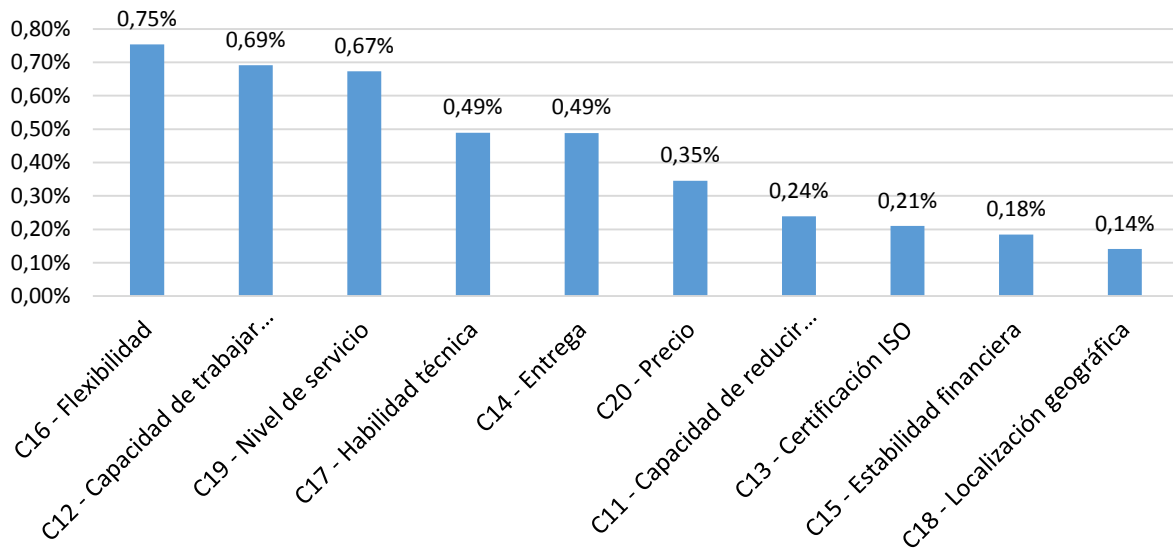


Figura 34 - Prioridad global en el proceso de selección de proveedores Fuente: (Elaboración propia)

Mientras que en el proceso de evaluación de proveedores los criterios que tienen más pesos son C23 –Desempeño de la calidad, C24 –Paros en la línea de producción y C22 – Desempeño de entrega JIT.

Evaluación de proveedores

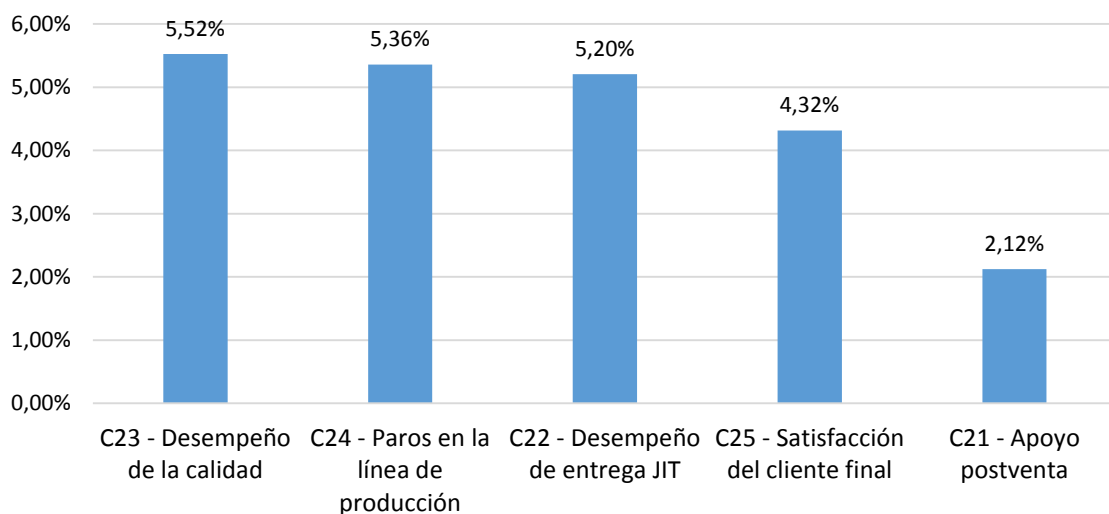


Figura 35 - Prioridad global en el proceso de evaluación de proveedores Fuente: (Elaboración Propia)

Y finalmente en el proceso de desarrollo de proveedores el criterio más importante ha sido C36 – Habilidad de compartir información. Asimismo se observa que no hay tanta diferencia entre los criterios en este proceso, por lo que se considera que todos tienen importancia para mejorar la gestión de proveedores.

Desarrollo de proveedores

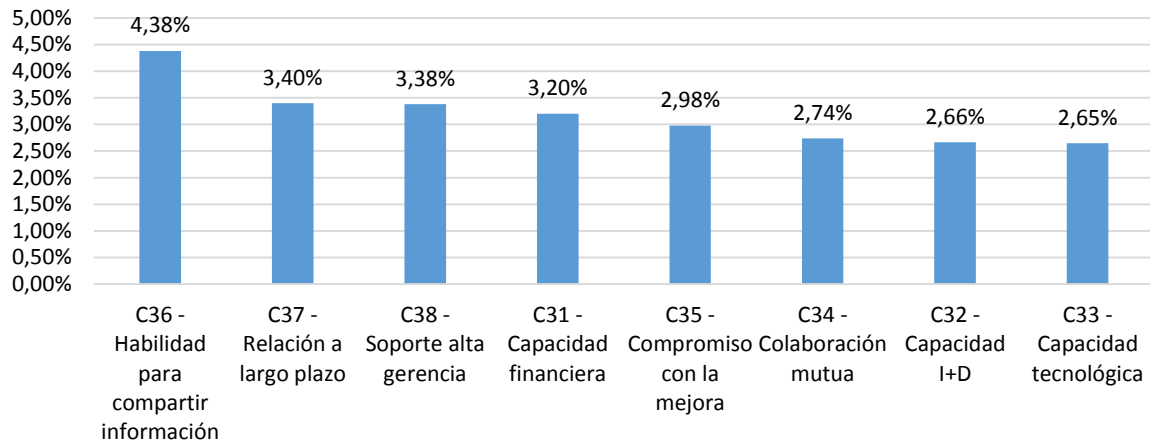


Figura 36 - Prioridad global en el proceso de desarrollo de proveedores Fuente: (Elaboración propia)

Teniendo en cuenta estos resultados, se puede determinar que un tomador de decisión que tenga el objetivo de llegar a un *Business Partnership* con el proveedor, debe utilizar y cumplir estos indicadores en cada proceso de la gestión estratégica del proveedor. Para ello será necesario que la empresa que aplique esta metodología, determine métricas para evaluar criterios tangibles e intangibles de sus propios proveedores. Aparte que podrán utilizar dichos criterios para construir un cuadro de mando y evaluar estos indicadores de manera constante.

7 Validación de metodología

En este apartado se presenta la validación de la metodología en base al desarrollo realizado en el trabajo de investigación, considerando si ésta ha sido adecuada en la consecución de los objetivos propuestos, las variaciones que se presentó mientras se desarrollaba el modelado, y por último, las recomendaciones de mejora del trabajo.

A lo largo de su desarrollo, el problema de decisión ha sufrido algunas variaciones en las que se debe tener en cuenta. Primero con respecto a la cantidad de criterios, y en segundo con la cantidad de influencias entre los elementos de la matriz interfactorial. A principio se consideró una cantidad considerable de criterios en cada proceso en la gestión de proveedores con el fin de hacer un modelado de manera más completa y eficiente. No obstante, a la medida que se desarrollaba la metodología se observó que el número de comparación pareada entre elementos (que en este caso son los criterios) eran muy elevados, y consecuentemente resultó en la fatiga del decisor. Por este motivo se ha tenido que reducir la cantidad de criterios, trabajando así solo con los criterios más importantes en los procesos de selección, evaluación y desarrollo del proveedor.

La cantidad de influencias también se vio afectada por el mismo motivo citado anteriormente. Primero se consideró influencias en casi todos los elementos de la matriz de denominación interfactorial (dentro del mismo clúster, influencias entre diferentes clúster, etc.) para poder desarrollar un modelado más completo posible. Sin embargo, se redujo considerablemente las influencias entre elementos puesto que las comparaciones pareadas llegaban a ser exhaustivas. Por otro lado, las influencias de las alternativas no podían ser reducidas y deberían constar todas influencias (tanto horizontalmente como verticalmente en la matriz de denominación interfactorial) para que saliera la prioridad global de la supermatriz límite de manera correcta, cuyos valores de todas las columnas deben repetirse a lo largo de la matriz.

Se presentó muchos obstáculos al desarrollarla debido a las variaciones de la metodología y falta de experiencia al manejar el software, por lo que se realizó innumerables pruebas hasta llegar en el resultado final obtenido en este trabajo. Además, el uso del sistema informático ha sido imprescindible en la obtención de las prioridades globales de manera más rápida y precisa, ya que si hubiese hecho los cálculos manualmente sería bastante largo y tardaría mucho en la ejecución de este trabajo de investigación. Sin embargo, se puede afirmar que todas las barreras han sido superadas y que el uso de una técnica de decisión multicriterio con la integración de los tres procesos en la gestión de proveedores ha sido adecuado para lograr el objetivo general del trabajo propuesto.

Por otro lado, se recomienda realizar mejoras en la metodología para poder aprovecharla de la mejor manera posible. En primer lugar se aconseja realizar una encuesta con expertos del área de compras y directivos de empresas para determinar qué criterios deben ser considerados en cada proceso de gestión de proveedores, cuales son más críticos en dicha gestión y sus respectivas influencias. Como por ejemplo la encuesta aplicada por Dickson en 1966 en que se determinó los criterios más relevantes en el proceso de selección del proveedor, pero aplicándolo no solo en la selección, sino en la evaluación y en el desarrollo del proveedor para una completa gestión de proveedores. En segundo lugar se sugiere incluir una mayor cantidad de criterios e influencias para valorar las prioridades globales de los elementos, y así hacer que el problema de decisión sea lo más próximo a la realidad. Y finalmente, sería interesante la participación del profesional experto en el momento para evaluar las prioridades entre elementos por medio del *Questionnaire* en Superdecision Software.

8 Conclusiones y futuras líneas de investigación

Una vez terminado el trabajo de investigación y el desarrollo de la metodología, podemos determinar las siguientes conclusiones.

- Con respecto a los objetivos generales del trabajo se puede determinar que se ha desarrollado con éxito una metodología de teoría de decisión multicriterio ANP, donde se integra las principales actividades de gestión de proveedores, considerando los criterios más importantes en cada proceso, siendo ellos en la selección, evaluación y desarrollo de proveedor en un mismo modelado. En que se determina el nivel de integración del proveedor como alternativa final y la prioridad global entre los elementos, analizando los criterios más importantes en el problema de decisión por completo y por cada proceso de este tipo de gestión.

Con los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, la empresa podrá determinar cuáles (y cuanto) son los criterios más importantes en cada proceso de la gestión de proveedores. De igual manera los compradores y directivos podrán hacer una evaluación continua, analizando si los proveedores están cumpliendo con los criterios previamente determinados. Incluso la empresa podría ayudarles aportando un feedback sobre cuales aspectos deberían mejorar para lograr un buen desempeño, dado que su rendimiento está directamente relacionado en alcanzar un nivel más alto de integración a la empresa.

- Los seis objetivos específicos han sido cumplidos en su totalidad en este trabajo de investigación. Primero se introdujo los principales conceptos y fundamentos de la teoría de decisión multicriterio antes de profundizar en la metodología ANP, para que pudiese presentar un estado de conocimiento completo y con una visión amplia del tema tratado. Además, cuando se abordó las principales diferencias entre las metodologías AHP y ANP se pudo revisar que el ANP era la metodología más idónea para desarrollar el problema de toma de decisión propuesto en este trabajo. Dado que en la revisión bibliográfica afirmaban que el AHP presentaba importantes limitaciones frente al ANP, y que esta última era aplicada frecuentemente en tomas de decisión que involucraba procesos de gestión, y principalmente del tipo estratégico en los trabajos académicos previamente consultados.

También se ha podido lograr un estado de conocimiento bastante amplio en cuanto a la gestión de proveedores, en que se observó cómo el tema es abordado en la literatura, identificando los procesos clave de gestión y realizando un estudio sobre su aplicación diferentes técnicas de decisión. A través de estos objetivos específicos se ha podido identificar la laguna referente al tema y aportar valor a este trabajo de investigación.

Con respecto a la implementación de la metodología ANP, se explicó los cálculos de construcción de las matrices tanto manualmente como por medio del software Superdecision, con el fin de facilitar la comprensión de aquellos que desean implementar esta metodología o simplemente para servirles como un material de apoyo académico y de aprendizaje. El uso del sistema informático no estaba planteado al inicio del trabajo de investigación, por lo que se ha tenido en cuenta después que se intentó hacer los cálculos manualmente. Sería casi imposible desarrollarlo sin el apoyo del software. Asimismo, se vio una carencia en el momento en que se consultaba tutoriales y guías sobre la construcción en Superdecision, principalmente en el momento en que se debía poner las influencias de la matriz interfactorial previamente determinadas dentro del sistema informático, por lo que este trabajo de investigación también cumple con éxito este objetivo específico y ofrecer a aquellos que quieran implementar la metodología ANP en Superdecision con un guía completo de implementación.

- La investigación ha demostrado que mediante esta metodología es posible hacer una toma de decisión estratégica que aporte valor a la organización y que se evalúe la capacidad de los proveedores convertirse o de mantenerse aliados en negocio. Los compradores y directivos deben revisar si estos proveedores cumplen con las especificaciones exigidas por la empresa, y si no fuera así, deben tomar una decisión estratégica en que se decidirá si se sustituye el proveedor o si van a ayudarles a qué cumplan con estas especificaciones. En relación sobre mejorar la ventaja competitiva de la empresa dependerá de cómo estos profesionales van a lidiar con la situación y que tipo de toma de decisión van a proceder para que no afecte la cadena de suministro, aparte de que se dependerá de la colaboración del proveedor para lograr las metas impuestas. Por lo tanto se concluye que la hipótesis de investigación ha sido comprobada, siempre que sean gestionados de manera correcta y se les haga un seguimiento.
- La metodología ANP no solo debe ser considerada en la elección de la mejor alternativa de un problema de decisión, sino que también debería aplicarse como una herramienta para revisar el impacto de los criterios con respecto a las alternativas y con la comparación entre elementos del decisor, aparte de ser una metodología de aprendizaje en el cual el decisor tiene que construirlo adecuándolo dentro de las necesidades de la empresa y entender cómo los criterios, influencias y elementos están relacionados.
- Se pudo evidenciar en la investigación, que la aplicación de teoría de decisión multicriterio ha tomado bastante importancia en el mundo empresarial, principalmente en los principales procesos de gestión de la cadena de suministro. Existiendo una gran cantidad de metodologías en la selección, evaluación y desarrollo del proveedor, pero sin la integración de estos tres procesos, la cual se convierte en un gran diferenciador de la propuesta en este trabajo.

Como futuras líneas de investigación se recomienda a continuación:

- La metodología desarrollada en este trabajo es bastante flexible en que puede ser adaptada en diferentes tipos de industrias, sean en el sector industrial o de servicios, independiente del tamaño de la empresa.
- En la revisión bibliográfica referente a este tema se ha podido observar que la importancia en seleccionar un proveedor teniendo en cuenta criterios de sostenibilidad y de gestión de riesgo del proveedor ha incrementado en los últimos 5 años, y principalmente en el área de la gestión de la cadena de suministro. Por lo que se recomienda incluir estos tipos criterios dentro de los tres procesos de gestión de proveedores al desarrollar nuevas metodologías.
- Evaluar el tema propuesto en este trabajo utilizando otro tipo de metodología de técnicas de decisión y/o con la combinación de técnicas fuzzy.
- Con la investigación realizada se genera nuevas interrogantes que pueden ser desarrolladas en los futuros trabajos académicos. Según los resultados obtenidos del problema de decisión. ¿Cómo convertir los valores de las prioridades globales obtenidas en el problema de decisión en métricas para que se pueda evaluar el cumplimiento del proveedor con respecto a cada criterio, o proceso, o nivel de integración? ¿Cómo la prioridad global del problema de decisión puede convertirse en indicadores reales y aplicables en un cuadro de mando?

Referencias bibliográficas

- Almeida Furtado, F., Silva Ferreira, A. y Olivera Nascimento, C. (Agosto de 2017). *Análise do gerenciamento de fornecedor logístico em uma empresa do setor petrolífero*. Heidtmann-Neto, H. (Presidente). XXVIII ENANGRAD – Encontro Nacional dos Cursos de Graduação em Administração. Simposio llevado a cabo en Fundação Getulio Vargas, Brasília, Brasil. Recuperado de http://www.enangrad.org.br/pdf/2017_ENANGRAD177.pdf
- Amid, A., Ghodsypour, S. H., y O'Brien, C. (2011). *A weighted max–min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain*. International Journal of Production Economics, 131(1), 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.044>
- Amin, S. H., & Razmi, J. (2009). *An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation*. Expert systems with applications, 36(4), 8639-8648. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.012>
- Araz, C., & Ozkarahan, I. (2007). *Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure*. International journal of production economics, 106(2), 585-606. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.08.008>
- Aznar Bellver, J. (2012). ANP. Ejemplo. <http://hdl.handle.net/10251/16720>.
- Aznar Bellver, J.; Guijarro Martínez, F. (2012). *Nuevos Métodos de Valoración. Modelos Multicriterio*. Editorial Universitat Politècnica de València. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/19181>
- Babu, K. S., Raju, N. S., Reddy, M. S., & Rao, D. N. (2006, June). *The material selection for typical wind turbine blades using a MADM approach & analysis of blades*. In Proceedings of 18th International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM 2006), Chania, Greece, June (pp. 19-23). Recuperado de <https://goo.gl/5MvvUu>
- Baptista Carrillo, D. C. (2012). *Diseño, desarrollo y validación de una metodología para el análisis de competitividad en sectores industriales venezolanos basada en la técnica multicriterio Analytic Network Process (ANP)*. (Tesis de doctorado, Universitat Politècnica de València, Valencia, España). Recuperado de <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/17123>
- Brito, M. M., & Evers, M. (2016). *Multi-criteria decision-making for flood risk management: a survey of the current state of the art*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 16(4), 1019-1033. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-1019-2016>
- Çebi, F., & Bayraktar, D. (2003). *An integrated approach for supplier selection*. Logistics Information Management, 16(6), 395-400. <https://doi.org/10.1108/09576050310503376>
- Chai, J., Liu, J. N., & Ngai, E. W. (2013). *Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature*. Expert Systems with Applications, 40(10), 3872-3885. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.040>
- Córdoba Bueno, M. (2004). *Metodología para la toma de decisiones*. Madrid, España: Delta Publicaciones Universitarias.
- Errasti, A. (2012). *Gestión de compras en la empresa*. Madrid, España: Pirámide.
- Glock, C. H., Grosse, E. H., & Ries, J. M. (2017). *Decision support models for supplier development: Systematic literature review and research agenda*. International Journal of Production Economics, 193, 798-812. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.08.025>

- Govindan, K., Kannan, D., & Noorul Haq, A. (2010). *Analyzing supplier development criteria for an automobile industry*. *Industrial Management & Data Systems*, 110(1), 43-62. <https://doi.org/10.1108/02635571011008399>
- Guarnieri dos Santos, P. (2012). *Modelo de apoio à decisão multicritério para classificação de fornecedores em níveis de colaboração no gerenciamento da cadeia de suprimentos utilizando o método ELECTRE TRI* (Tesis de doctorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil). Recuperado de <http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/18963>
- Guarnieri, P. (2014). *Decision making regarding information sharing in collaborative relationships under an MCDA perspective*. *International Journal of Management and Decision Making*, 13(1), 77-98. <https://doi.org/10.1504/IJMDM.2014.058469>
- Guarnieri, P., & De Almeida, A. T. (2016). *A Multicriteria Decision Model for Collaborative Partnerships in Supplier Strategic Management*. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 15(03), 101-131. <https://doi.org/10.1142/S0219686716500098>
- He, Y., Wang, X., & Huang, J. Z. (2016). Recent advances in multiple criteria decision making techniques. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*. <https://doi.org/10.1007/s13042-015-0490-y>
- Herrera Umaña, M. F., Osorio Gómez, J. C. (2006). *Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso*. *Estudios Gerenciales*, 22(99), 69-88. Recuperado de https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/190/188
- International Organization for Standardization. (2015). *Sistema de gestión de la calidad*. (UNE-EN ISO 9001:2015). AENOR, Madrid, España.
- Kahraman, C., & Çebi, S. (2009). *A new multi-attribute decision making method: Hierarchical fuzzy axiomatic design*. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4848-4861. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.05.041>
- Lambert, D. M. (2008). *Supply chain management: processes, partnerships, performance*. Sarasota, USA: Supply Chain Management Institute. Recuperado de <https://goo.gl/6BD9SD>
- Lee, E. K., Ha, S., & Kim, S. K. (2001). *Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management*. *IEEE transactions on Engineering Management*, 48(3), 307-318. <http://dx.doi.org/10.1109/17.946529>
- Lima Junior, F. R., Roza Carvalho, G., & Ribeiro Carpinetti, L. C. (2016). *Uma metodologia baseada no modelo SCOR e em inferência fuzzy para apoiar a avaliação de desempenho de fornecedores*. *Gestão & Produção*, 23(3), 515-534. <https://dx.doi.org/10.1590/0104-530x2625-15>
- Lima-Junior, F. R., & Carpinetti, L. C. R. (2016). *Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management*. *International Journal of Production Economics*, 174, 128-141. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.01.023>
- Lizarzaburu Bolaños, E. R. (2016). *La gestión de la calidad en Perú: un estudio de la norma ISO 9001, sus beneficios y los principales cambios en la versión 2015*. *Universidad & Empresa*, 18(30). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/1872/187244133006/>
- López Lemos, P. (2016). *Novedades ISO 9001:2015*. Madrid, España: Fundación Confemetal.

- Mardani, A., Jusoh, A., MD Nor, K., Khalifah, Z., Zakwan, N., & Valipour, A. (2015). *Multiple criteria decision-making techniques and their applications—a review of the literature from 2000 to 2014*. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 516-571. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>
- Mentzer, J. T., Min, S., & Zacharia, Z. G. (2000). *The nature of interfirm partnering in supply chain management*. *Journal of Retailing*, 76(4), 549-568. [https://doi.org/10.1016/S0022-4359\(00\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0022-4359(00)00040-3)
- Moreno Jimenez, J. M. (sin fecha). *El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones*. Recuperado de [https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP\(ve%20rpaginas11-16\).pdf](https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP(ve%20rpaginas11-16).pdf)
- Omurca, S. I. (2013). *An intelligent supplier evaluation, selection and development system*. *Applied Soft Computing Journal*, 13(1), 690–697. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.08.008>
- Osiro, L., Lima, F. R., Jr., & Carpinetti, L. C. R. (2014). *A fuzzy logic approach to supplier evaluation for development*. *International Journal of Production Economics*, 153, 95-112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.02.009>
- Park, J., Shin, K., Chang, T. W., & Park, J. (2010). *An integrative framework for supplier relationship management*. *Industrial Management & Data Systems*, 110(4), 495-515. <https://doi.org/10.1108/02635571011038990>
- Porter, M. E. (2008). *The five competitive forces that shape strategy*. *Harvard business review*, 86(1), 25-40. Recuperado de <https://goo.gl/Yxrp3i>
- Raizer Moura, L. (2009). *Gestão do relacionamento com fornecedores: análise da eficácia de programa para desenvolvimento e qualificação de fornecedores para grandes empresas* (Tesis de doctorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil). Recuperado de <https://doi.org/10.11606/T.3.2009.tde-01092009-153815>
- Robbins, S., DeCenzo, D., & Moon, H. (2009). *Fundamentos de Administración: Conceptos esenciales y aplicaciones*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.
- Romero, C. (1993). *Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Sarache Castro, W. A., Castrillón Gómez, Ó. D., & Ortiz Franco, L. F. (2009). *Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte*. *Cuadernos de Administración*, 22(38), 145-167. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/205/20511730008/>
- Silva de Paula, M., y Carvalho-Alves, A.G. (Octubre de 2012). *Gestão estratégica de fornecedores. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção*. Simposio llevado a cabo en el XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil. Recuperado de http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_157_915_20884.pdf
- Silva Garcia, F., Lago da Silva, A. L., & Pereira, C. R. (2015). *Gestão de Relacionamento com os Fornecedores: Uma Revisão Com Enfoque na Integração Entre Logística e Produção*. *GEPROS: Gestão da Produção*, 10(4), 1-20. <https://doi.org/10.15675/gepros.v10i4.1266>

- Sultana, M. N., Rahman, M. H., & Al Mamun, A. (2016). *Multi Criteria Decision Making Tools for Supplier Evaluation and Selection: A Review*. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 3(5), 56-65. Recuperado de <https://goo.gl/WHHDiX>
- Taha, H. (2004). *Investigación de operaciones*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.
- Vana C. (2014). *A supplier management approach base on carbon performande criteria. Case study: Royal DSM* (Master's Thesis, Delft University of Technology, Delft, Países Bajos). Recuperado de [uud:c5d6424a-d61c-4bc7-99f6-d0ddf5ab9b53](https://doi.org/10.1108/13598541011054670)
- Zhu, Q., Dou, Y., & Sarkis, J. (2010). *A portfolio-based analysis for green supplier management using the analytical network process*. *Supply Chain Management: An International Journal*, 15(4), 306-319. <https://doi.org/10.1108/13598541011054670>