



Trascender, Contabilidad y Gestión Núm. 11 (mayo - agosto del 2019).  
ISSN: 2448-6388. Universidad de Sonora. Departamento de Contabilidad.  
Reserva de Derechos 04-2015-04172070800-203.

## Definición de metodología para selección de proveedores a través, de la lógica difusa para una empresa de la industria eléctrica en Monterrey, Nuevo León

*Definition of methodology for supplier selection through fuzzy logic for an electrical industry company in Monterrey, Nuevo León*

Alan Pablos Ortega <sup>1</sup> ; Marco Antonio Villa Cerda <sup>2</sup> ;  
María del Consuelo Ávila Ortega <sup>3</sup>

### Resumen

Uno de los retos más importantes dentro de las organizaciones manufactureras consiste en la gestión de la cadena de suministro. Los costos de materiales utilizados en un producto pueden alcanzar hasta el 80% de su valor en el mercado. El objetivo del trabajo es definir una metodología con base en la lógica difusa que analice los diferentes requerimientos involucrados en la realización de un producto para una empresa manufacturera en la industria eléctrica. El resultado final es una metodología para la selección objetiva de proveedores que cumplen con los requerimientos de los proyectos y las necesidades de la empresa.

**Palabras clave:** cadena de suministro, lógica difusa, logística.

**DOI:** <https://doi.org/10.36791/tcg.v11i0.65>

**JEL:** M16 Administración de Empresas Internacionales.

### Abstract

One of the main challenges inside manufacturing organizations consists on supply chain management. Raw material cost of a product can reach even 80% of market value. The goal this work is to define a methodology based on fuzzy logic that considers the different requirements involved during a product realization for a manufacturing company involved in the electric industry. The final result is a methodology for objectively select the suppliers that meet the project and company requirements

**Keywords:** supply chain, fuzzy logic, logistics.

**Recibido:** 20 de diciembre de 2018.

**Aceptado:** 10 de agosto de 2019.

<sup>1</sup> Alan Pablos Ortega. Industrial & Systems Engineer. Siemens México. Procurement Engineer. Correo: alanpablos@gmail.com

<sup>2</sup> Marco Antonio Villa Cerda. Ingeniero Mecánico Electricista. Profesor Investigador de Tiempo Completo Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Correo: marcoantoniovillacerda@hotmail.com

<sup>3</sup> María del Consuelo Ávila Ortega. Ingeniero Químico. Especialidad de Finanzas. Doctora en Administración. Profesor investigador Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Correo: consueloavilao@hotmail.com

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes

Conforme el tiempo ha pasado, la tecnología ha ido evolucionando junto con el hombre, a tal grado que se han realizado grandes descubrimientos. Por ejemplo, la electricidad, o la generación de la energía eléctrica ha sido unos de los impulsores industriales y tecnológicos más impactantes de la historia de la vida humana (Ford, 1996).

Gracias a los descubrimientos de Thomas A. Edison la electricidad a formado parte de nuestras vidas a tal grado que es indispensable hoy en día, y según Ford (1996), se ha desarrollado alrededor de 1880 aproximadamente en Estados Unidos de América.

En el caso de México, la época de la revolución (1900), fue, podría decirse el inicio de la industria eléctrica en el país. (Garza Toledo et al, 1994).

Hoy en día la industria eléctrica es un actor muy importante a nivel mundial, y esto ha generado grandes cantidades de empleo, y en México no ha sido la excepción.

El hecho de que una empresa decida instalarse en otros países para poder fabricar y desarrollar sus equipos implica costos significativos y una organización excepcional ya que requiere de instrumentos específicos suministrados por otras empresas involucradas en la industria, es decir proveedores de insumos o materias primas necesarias para la fabricación de dichos equipos generadores de electricidad.

La gestión de los suministros no solamente implica controlar costos de transportación, también implica determinar estrategias de localización de suministros para que las distancias sean menores y el tiempo de respuesta sea el óptimo para cumplir con los requerimientos.

Según Nogales (2007), El modo clásico de gestión del departamento de compras no cumple con los requisitos que se exigen en la empresa moderna, por lo tanto, es

necesario cambiar a lo que es, la Gestión de la Cadena de Suministros. Nogales También menciona que, un dólar de materia prima tiene más valor que un dólar de producción terminada considerando que el 100% del costo de los materiales comprados representa más de los gastos que implican transformar esa materia prima en el producto terminado.

El concepto de Cadena de Suministro no había sido considerado dentro de los esquemas organizacionales de las empresas sino a partir de los años 90. El concepto clásico de las funciones en un departamento de compras ha ido evolucionando, identificándose y reconociéndose actividades requeridas para el óptimo aprovechamiento de la procura de materiales, desde el concepto clásico de compras donde, visto desde un esquema de procesos, las entradas al proceso se concebían como las compras de materiales. Por otro lado, el concepto de la Cadena de Suministro se basa en la eficiencia del flujo de la información, considerando, según Nogales (2007), las actividades de Logística, Compras, Almacén y Ventas integradas.

Hoy en día, la forma de hacer frente a los negocios requiere de un enfoque que va más allá de las fronteras de la empresa, para trabajar en equipo con clientes y proveedores para mejorar la relación costo/servicio como una cadena, no como una empresa aislada, con lo que se determina la importancia de la integración entre empresas como el punto estratégico y clave más importante en la administración de las cadenas de suministro (Ballesteros & Ballesteros, 2004).

### 1.2 Problemática

Dado lo anterior resulta crítico enfocar esfuerzos destinados a la evaluación y selección del o de los proveedores capaces de cubrir consistentemente los requerimientos de la empresa tanto de cantidad del suministro de acuerdo con la demanda, la calidad del producto de acuerdo con las características definidas, precio competitivo, tiempo de entrega y nivel de soporte operativo.

Con respecto a capacidad de suministrar material de acuerdo con la demanda, es fundamental que la empresa tenga la certeza de haber elegido a un proveedor capaz de suministrar la cantidad de material de acuerdo con la demanda. Actualmente no existen actividades de soporte en la empresa que puedan identificar objetivamente que el proveedor tiene la capacidad de suministrar material de acuerdo con la demanda establecida dentro de un período de tiempo definido.

El precio competitivo. Las empresas buscan reducir el gasto de materia prima requerido para manufacturar el producto ofrecido al mercado. Está comprobado que el costo de un producto está conformado por varios elementos entre ellos el material con el que está fabricado, pudiendo llegar a representar en algunos casos, hasta el 80% del costo total del producto para la empresa.

Es importante enfocarse a reducir los tiempos de entrega de los materiales. Para determinados tipos de material, el tiempo de entrega varía entre 8 a 10 semanas. De acuerdo a lo que dicta el mercado, actualmente existen productos que el cliente requiere en menos de 4 semanas y dichos tiempos de entrega largos obligan a incrementar el monto de inventario lo que al final genera un gasto adicional para el negocio y esto impacta en las finanzas de la operación.

El nivel de soporte operativo. A lo que esta característica se refiere es al grado en el que el proveedor contribuye a las necesidades operativas del cliente. La contribución del proveedor se puede traducir en recursos ya sean humanos, tecnológicos o de infraestructura que ofrece al cliente para que colaborativamente se satisfagan las necesidades.

Actualmente no existe un método o proceso que evalúe todas esas características para facilitar la toma de decisiones y selección de proveedores que cubran las necesidades de la compañía.

Si bien es verdad que no existe una empresa perfecta que no presente algún tipo de dificultad en alguno de los

puntos mencionados, existe la necesidad de tomar en consideración estos factores y poder tomar una decisión objetiva de los posibles proveedores adecuados para suministrar el material, los cuales, a pesar de contar con áreas de oportunidad, dichas deficiencias no representen un impacto notablemente negativo para la organización.

### **1.3 Preguntas de Investigación**

Identificando la problemática, surge la siguiente pregunta de investigación, ¿Existe un método que identifique a los potenciales proveedores con un nivel aceptable de cumplimiento de los requerimientos de tiempo de entrega, capacidad, calidad, precio y nivel de soporte operativo?

### **1.4 Objetivos Específicos**

Con base en la pregunta de investigación, el trabajo se plantea el siguiente objetivo a lograr:

Definir una metodología que identifique a los proveedores capaces de cumplir con los requerimientos de capacidad, tiempo de entrega, calidad, nivel de soporte operativo y precio competitivo con los que cuenta el cliente.

### **1.5 Delimitación del objeto de estudio**

Es significativa la cantidad de dinero que se puede perder por el simple hecho de no elegir correctamente a un proveedor. Dicha pérdida no siempre se presenta de manera directa, ya que el elegir a un proveedor que no tenga la capacidad ya sea, de entregar el material, o, poder entregar el material a tiempo o en la cantidad requerida de acuerdo con la demanda del cliente, puede ocasionar pérdidas monetarias para cubrir esas incapacidades del proveedor. Dichas incapacidades o deficiencias se pueden cubrir o mitigar con excesos de inventario, inspección de material recibido por un equipo dedicado de personas, sin embargo, son soluciones que generan un gran impacto al negocio y en ocasiones provocan pérdidas monetarias significativas. Por lo anterior, se considera crítico y de alto riesgo no contar con un proceso o método que analice las características

requeridas en un proveedor para asegurar una cadena de suministro sólida y funcional.

El trabajo define una metodología para identificar al o los proveedores capaces de cumplir los requerimientos de la empresa. Se planea investigar y analizar metodologías ya existentes, para complementar la metodología a definir. Se pretende utilizar la lógica difusa, creando un modelo matemático que, por medio numérico se determine la mejor opción de proveeduría. Se consultarán definiciones de Cadena de Suministro y Logística, así como estrategias de reducción de costo. Adicional se consultarán a los representantes de los diferentes departamentos involucrados en proyectos de introducción de nuevos productos en la compañía para definir las características a evaluar. El trabajo se basa en los requerimientos de selección de su base de proveedores de una empresa ubicada en Monterrey, Nuevo León, dedicada a la industria eléctrica. El estudio se limita a considerar países ubicados en áreas de bajo costo y en Estados Unidos de América identificando proveedores potenciales. Para el estudio se consideran un total de 4 proveedores, estando 2 en Estados Unidos de América, uno en México y uno en China. De toda la variedad de materiales utilizados por la empresa, se eligen materiales plásticos moldeados.

## 1.6 Hipótesis

Para conclusión del primer capítulo definimos la siguiente hipótesis que el trabajo pretende evaluar:

Es posible definir una metodología para identificar a él o los proveedores capaces de suministrar el material de acuerdo con la cantidad, tiempo de entrega, precio competitivo nivel de soporte operativo y calidad aceptable por el cliente.

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Orígenes del Concepto de Cadena de Suministro

#### 2.1.1 Primeros autores utilizando el concepto

El término Cadena de Suministro, o Gestión de la Cadena de Suministro no había aparecido sino hasta 1982 de manera oficial, en las publicaciones de Oliver y

Webber, Cadena de Suministro: Logística se alinea con Estrategia. La idea predominante del texto es que la dirección debe ser guiada por los objetivos generales de la compañía en lugar de objetivos locales. El balance estratégico de la oferta y la demanda, basados en objetivos claros y firmes, y particularmente, al soporte con un enfoque de sistemas que prioriza la rápida transferencia y accesibilidad de información a través de las barreras funcionales son sumamente importantes.

Analizando la composición de la cadena de suministros se considera como referencia el trabajo de Cannella, Ciancimino, Framinan, & Disney (2006), el cual consta de 4 tipos de cadena de suministros identificadas. La primera de ellas es nombrada la Cadena de Suministro Tradicional en la que sus miembros toman sus propias decisiones para lograr maximizar sus objetivos individuales sin considerar los de los otros miembros de la red logística. El mismo autor haciendo mención al trabajo de Holweg, et al (2005), menciona que existe dentro de los miembros de estas redes logísticas presentan una variabilidad de un 26% en sus órdenes de producción.

Como segundo tipo tenemos la que Cannella et al. (2006) nombra la Cadena de Suministro ‘A Información Compartida’. De acuerdo con los autores dicho tipo tiene como característica fundamental el acceso a la información del mercado en términos de demanda por parte de todos los miembros de dicha cadena. De acuerdo con Kelepouris et al (2008) mencionado en el trabajo realizado por Cannella et al. (2006) que utilizamos como referencia para explicar estos tipos, la variabilidad de las órdenes se ve altamente reducida hasta en un 20% gracias al simple hecho de compartir la información entre los actores.

En tercero tenemos la Cadena de Suministro ‘Con Pedido Gestionado por el Proveedor’. En dicho tipo, el Proveedor es el tomador de decisiones en cuanto a la cantidad requerida por su cliente, es decir, el proveedor cuenta con la información de los niveles de inventario. Como ventaja se puede considerar la simplificación de la gestión del proceso de producción y distribución, así

como la reducción de los costos generados por las transacciones efectuadas entre involucrados (Cannella et al., 2006). El famoso Inventario Manejado por el Vendedor, (VMI, por sus siglas en inglés) es un claro ejemplo de este tipo.

### **2.1.2 Diferencia entre SCM y Logística**

Según Ballou (1973), la logística se puede definir como el estudio de cómo la dirección puede proveer un servicio de distribución a los clientes por medio de la planeación efectiva siendo este servicio económicamente viable para las organizaciones.

En los 90 se observó que académicos, investigadores e incluso consultores consideraban que SCM consistía en la administración de la logística por fuera de la empresa. La definición de logística de ese momento por parte del Consejo de Administración Logística (CLM, por sus siglas en inglés) es “El proceso de planear, implementar y controlar eficientemente el flujo y almacenamiento de materia prima, inventario en proceso, productos terminados y su información relacionada desde el origen hasta el punto de consumo, en forma eficiente y al menor costo posible, para satisfacer los requerimientos de los clientes”.

Con este enfoque todas las organizaciones se consideran parte de una o varias cadenas de suministro.

El sistema de administración de la logística la constituye en parte el enfoque dinámico de la empresa y comprende al menos tres subsistemas principales: un subsistema de control, un subsistema operacional y un subsistema organizacional.

En cuanto al sistema operacional, éste se limita a la ejecución de los trabajos asignados por el subsistema de control.

Finalmente, el subsistema organizacional tiene como función implantar una estructura administrativa y operacional que garantice el buen funcionamiento del sistema logístico.

### **2.1.3 Cambio del enfoque de compras a SCM**

Cuestionamientos tales como ¿la compañía está haciendo buen uso de las oportunidades visualizadas entre las diferentes divisiones o subsidiarias?, el consolidar los requerimientos de todas las divisiones y socios comerciales de materiales específicos genera o incrementa el volumen de compra y, por ende, el poder de negociación para potencializar el valor de tu producto.

¿La compañía puede anticipar o evitar interrupciones de suministro? Plantearse escenarios en los que el riesgo de desabasto por cuestiones de mercado global, así como de inestabilidad de situaciones políticas que afecten directamente el origen del suministro, esto, por medio de alternativas de suministro adicionales debidamente detectadas y listas puede evitar catastróficos desabastos.

¿Qué tanto riesgo es aceptable? Como riesgo podemos identificar varios temas, tales como coberturas contractuales, es decir, qué tan limitantes o que tan permisibles se encuentran las cláusulas en un contrato de compra de materiales, qué tanto tiempo sigue vigente dicho contrato, disponibilidad de materiales escasos en el mercado, o también la mezcla de proveedores son puntos importantes para determinar los riesgos que generan las condiciones en las que trabaja la compañía. Ejemplos para mitigar algunos de estos riesgos involucrarían la mezcla entre contratos de suministros con opciones de traslapar materiales de un período a otro, junto con la opción de compras puntuales de suministro.

¿Qué políticas de compra-fabricación dan el mejor balance entre costo y flexibilidad? Se dice que, si una empresa cubre la mayoría o un gran porcentaje de los materiales que requiere por medio de empresas que posee, se posicionaría en mejor lugar que sus competidores menos integrados.

A lo largo del tiempo las condiciones de compra y procura de materiales han cambiado considerablemente.

Hoy en día existen varios factores que garantizan que hay necesidad de hacer cosas diferentes, cosas tales como las amenazas de agotamiento de ciertos recursos, la escasez de materias primas, fenómenos y acontecimientos políticos, así como la intervención del gobierno en los mercados.

Se han enfocado en la gestión efectiva de los inventarios reduciéndolos, entre otras varias iniciativas. Con este tipo de estrategias, la perspectiva sobre compras de material ha cambiado de ser considerada una función operativa, a ser nombrada manejo de suministro o procura de materiales, una perspectiva estratégica.

Se dice que, en 1990, cerca del 40% de los materiales utilizados para ensamblar automóviles en Estados Unidos de América, procedían del extranjero, y 15 años anteriores, solo el 5% de esos materiales eran extranjeros.

Se reconoce desde 1930 que el concepto de compras ha ido evolucionando a lo que hoy en día conocemos o podemos reconocer como Cadena de Suministro.

Hablando del negocio como un sistema, se involucra el tema de la mejora continua, lo cual se traduce como acciones preventivas y correctivas que involucran actividades como licitaciones periódicas, visita de proveedores fundamentales, fortalece trabajo interdepartamental como finanzas, calidad, ingeniería producción, entre otros.

## **2.2 La Importancia de la existencia de la SCM**

### **2.2.1 Confiabilidad de la SCM**

Se han desarrollado diversos programas para la evaluación del riesgo que 1), identifican los diferentes tipos de riesgo, 2) estiman la probabilidad de los trastornos con mayor ocurrencia, 3) evalúan las pérdidas potenciales y, 4) identifican las estrategias para reducir el riesgo.

Los autores también consideran que la gestión de la SCM está sujeta a una constante evolución, toda vez que juega un rol crítico en la rentabilidad de los productos dentro de la compañía.

Así, de acuerdo con lo mencionado en el trabajo de Mariscal & Betanzo (2013), el riesgo en la Cadena de Suministro implica la probabilidad de que un incidente ocurra durante el proceso de suministro de materiales, ocasionando efectos económicos negativos para la empresa. Por lo tanto, la confiabilidad de una Cadena de Suministro es una característica compleja que incluye una operación correcta, consistente con capacidad de reaccionar y mantener los parámetros de desempeño de una Cadena de Suministro, previendo sus posibles fallas.

Los autores también consideran que la gestión de la SCM está sujeta a una constante evolución, toda vez que juega un rol crítico en la rentabilidad de los productos dentro de la compañía.

Mariscal & Betanzo (2013), mencionando el trabajo de Overbeck en 2009, mantienen que un modelo conceptual debe tener las siguientes características:

- a. Contener un adecuado grado de abstracción. Significa que no deben ser muy específicos, es decir, ser aplicables a diferentes problemas.
- b. Deben ser robustos, tomando en cuenta los cambios de las condiciones reales para poder ser adaptables.
- c. Deben ser adaptables a requerimientos específicos. Esto incluye la posibilidad de agregar más factores al modelo.
- d. Deben ser consistentes.

### **2.2.2 Competitividad sostenible de la SCM**

Hay dos factores los cuales determinan ¿En qué medida la cooperación con los proveedores o incluso con los competidores fortalecen a largo plazo las relaciones entre proveedores? El homologar materiales en el mercado, es decir, utilizar o estandarizar materiales pueden incrementar considerablemente tu poder de compra. Con el fin de minimizar la vulnerabilidad de suministro y potencializar el poder de compras, varias compañías europeas han utilizado satisfactoriamente un acercamiento de 4 pasos simples con el cual han logrado recolectar efectivamente datos de mercado y

corporativos, hecho proyecciones sobre escenarios futuros de suministro, e identificando opciones disponibles de compras de insumos, así como desarrollar estrategias individuales de suministro para componentes y materiales críticos.

Dicho acercamiento, primeramente, identifica y clasifica el total de sus componentes/materiales comprables en términos de impacto que éstos generan sobre la utilidad, así como el riesgo que conlleva la compra de ese material, en segundo analiza el mercado disponible de esos materiales para después determinar la posición estratégica en la que se encuentra para finalmente desarrollar estrategias y planes de acción de los materiales. Existen varias estrategias, metodologías y herramientas que brindan de competitividad a una empresa, entre ellas, de acuerdo con Alfaro Tanco, Rábade Herrero, & Álvarez (2007), la Trazabilidad es una herramienta de ellas y la definen como los procedimientos preestablecidos que permiten conocer fácilmente la fecha de elaboración del producto, la ubicación y el trayecto que ese producto o material ha realizado a lo largo de la cadena de suministro.

Dicha herramienta o proceso también es útil en la selección de proveedores, pues, Alfaro Tanco et al. (2007) menciona como beneficios de la trazabilidad la Utilización de criterios objetivos para seleccionar proveedores, ayuda a reducir las mermas en materias primas, demuestra una mejora de la calidad en las materias primas y la reducción de inventario de materias primas. El mismo autor refuerza la idea de que las empresas que consideren la trazabilidad como una herramienta dentro de su organización, pueden beneficiarse de lo que representa como ventaja competitiva.

## **2.3 Evolución y Futuro de la SCM**

### **2.3.1 Tendencias de la SCM**

Dentro de la gestión de la cadena de suministro está implicada la gestión de riesgos operacionales y esta última se ocupa del desarrollo de procedimientos que

mitiguen el impacto para mantener el desempeño esperado.

Así, el riesgo en la cadena de suministro implica la probabilidad de que un incidente ocurra durante el proceso de suministro de materiales, ocasionando efectos económicos negativos para la empresa. Por lo tanto, la confiabilidad de una cadena de suministro es una característica compleja que incluye una operación correcta, consistente con capacidad de reaccionar y mantener los parámetros de desempeño de una cadena de suministro, previendo sus posibles fallas.

Con respecto al trabajo realizado por Ho, Zheng, Yildiz & Talluri (2015), los trabajos realizados sobre el SCRM (Manejo del riesgo en la cadena de suministro, por sus siglas en inglés) se pueden sintetizar y dividir en 2 categorías, riesgos macro y riesgos micro. Los riesgos macro se refieren a eventos adversos y relativamente raros o situaciones que puedan tener un impacto negativo sobre las compañías. Consisten en riesgos naturales, ya sean terremotos y desastres relacionados con el clima y medio ambiente o bien, a eventos provocados por el hombre tales como guerras, terrorismo y también inestabilidad política. Por otro lado, los riesgos micro se refieren a los eventos más relevantes originados por actividades internas de las compañías y/o relaciones con socios comerciales en la cadena de suministro. Generalmente los riesgos micro tienen mayores impactos negativos en las compañías en relación a los riesgos micro.

Los riesgos micro pueden ser subdivididos en cuatro categorías, riesgo de la demanda, riesgo de manufactura, riesgo de suministro y riesgo de infraestructura.

Existen muchos autores que dan definiciones o establecen definiciones de SCRM los cuales, según Ho et al (2015), se enfocan a ciertas sub, categorías de los micro-riesgos y no contemplan en su totalidad lo que el concepto abarca, por lo que el mismo autor sugiere el siguiente: La posibilidad e impacto de eventos a macro y/o micro nivel inesperados o condiciones que adversamente influyen en alguna parte de una cadena de

suministro llevando a fallas o irregularidades de carácter operacional, táctico o estratégico. También sugiere una definición sobre la gestión del riesgo en una cadena de suministro:

Un esfuerzo interorganizacional colectivo utilizando metodologías para el manejo de riesgo tanto cualitativo como cuantitativo para identificar, evaluar, mitigar y monitorear eventos inesperados a nivel macro y micro que pueden adversamente impactar cualquier parte de una cadena de suministro.

Para Labajo & Carrillo (2011) Manejar la gran complejidad de un sistema empresarial es una tarea difícil debido al número de entidades involucradas, a la multiplicidad de sus relaciones y a la variedad de procesos. Sumándose a esto a la permanente adaptación de las empresas al entorno competitivo.

En el caso de las cadenas de suministro, el proceso de modelización es esencial para lograr su comprensión al facilitar la generación de aproximaciones conceptuales a sus elementos, sus características y su dinámica de comportamiento.

### **3. Diseño Metodológico**

#### **3.1 Tipo de Estudio**

El tipo de estudio es cuantitativo, mediante análisis numérico y dicho análisis determinará si se cumplen los objetivos.

#### **3.2 Sitio de la Investigación**

El estudio comprende el análisis de la proveeduría para una empresa ubicada en el territorio de México, al norte del país en el estado de Nuevo León. La empresa pertenece al sector de energía eléctrica.

#### **3.3 Población Estudiada**

Mundialmente existe una cantidad considerable de proveedores capaces de suministrar material a prácticamente cualquier parte del mundo. Dependiendo de la ubicación de la fábrica es como estratégicamente se

elige al proveedor con características convenientes a la empresa en cuanto a costo, calidad y tiempo de entrega.

El análisis abarca proveedores de materiales plásticos los cuales por medio de maquinaria especializada se le da la forma deseada de acuerdo con los diseños definidos por parte de la empresa. Se cuenta con proveedores ubicados en diferentes partes del mundo como en China, Estados Unidos de América, México, Francia, Italia, Filipinas, Canadá, entre otros. Los países que cuentan con el mejor precio para este tipo de producto radican principalmente en países de bajo costo tal como China, India, Filipinas, México, entre otros países ubicados en Europa del Este. Se consideran en el estudio, países de bajo costo.

#### **3.4 Muestra**

Dentro de los países de bajo costo que se mencionan anteriormente, no todos los proveedores tienen el nivel de calidad adecuado o cuentan con las credenciales necesarias para suministrar material garantizando su funcionamiento correcto. Dentro de los proveedores elegidos se encuentran solamente aquellos que cuentan como mínimo con certificación ISO 9001:2008, dicha certificación por parte de una institución ubicada en Suiza, garantiza la existencia de un sistema de gestión de la calidad dentro de la empresa el cual ayuda en el adecuado control de calidad de los productos ofrecidos, es por eso que no solamente se seleccionan proveedores dentro de los llamados países de bajo costo, adicionalmente se identifican proveedores ubicados en Canadá y Estados Unidos de América ya que se ha comprobado la calidad de los productos que ofrecen y geográficamente es viable el suministro desde esos países.

Como se mencionó en la delimitación del estudio al inicio del trabajo, se considerarán 4 proveedores, estando 2 en Estados Unidos de América, uno en México y uno en China. De toda la variedad de materiales necesarios para la empresa, se eligen materiales plásticos.

### 3.5 Modelo de Investigación

En años recientes, el cómo seleccionar proveedores adecuados se ha vuelto un problema estratégico clave y ha recibido bastante atención en la literatura académica. La selección de los proveedores es el proceso en el cual proveedores son analizados, evaluados y seleccionados para formar parte de la cadena de suministro en una organización.

De acuerdo con Sezhiyan & Nambirajan (2011), existen análisis anteriores por parte de Dickson en 1966, en el cual se analizan 23 criterios utilizados normalmente en las decisiones para seleccionar proveedores. El análisis revela que existen 7 factores comunes que son considerados importantes durante la selección de proveedores, dichos factores son: Calidad, Precio, Entrega, Capacidad técnica, Situación financiera, Instalaciones y capacidades productivas, Gestión y organización.

Sezhiyan & Nambirajan (2011) sostienen también que la gestión de la cadena de suministro por medio de las estrategias definidas, representan una ventaja competitiva considerable dentro del mercado.

Según Viswanadham & Samvedi (2013), el ecosistema de la cadena de suministro involucra los elementos de la cadena, así como también las entidades que influyen en los flujos de los bienes, la información y las finanzas por medio de las regulaciones, tecnología, administración, etcétera. Dicho ecosistema consiste en las redes entre compañías que forman parte directa o indirectamente de la misma cadena de suministro, la presencia del gobierno donde se encuentran los miembros de dicho grupo, pueden ser organizaciones políticas, sociales, industriales, servicios de informática y logística, así como también de infraestructura. Adicional se consideran dentro del mismo ecosistema los proveedores de servicios terciarios los cuales conectan las compañías y los países al ambiente externo económico y social, recursos naturales, financieros y talento humano incluidos conexiones y conocimiento del ambiente

industrial, conglomerados industriales y universitarios los cuales interactúan en conjunto con el panorama vertical y horizontal de la cadena de suministro. Todos esos elementos adicionan riesgos dentro del entorno del ecosistema y juegan papeles importantes dentro del ecosistema.

Englobando todos esos elementos podrían clasificarse en cuatro fuentes, las cuales son: a) La red de la Cadena de Suministro, b) Instituciones ya sean gubernamentales o sociales, c) Recursos humanos, naturales, financieros e industriales y d) Mecanismos de servicios de entrega.

Según Viswanadham & Samvedi (2013), el ecosistema de la cadena de valor puede ser visto desde diferentes perspectivas siendo una de ellas el evaluar el desempeño operativo de la misma cadena. Dentro de esta perspectiva podemos encontrar elementos enfocados a la mejora del diseño o tecnología, por ejemplo, coordinación de los procesos, visibilidad de la cadena de suministro. Recursos tales como servicios bancarios, mano de obra calificada, suministro de energía eléctrica, agua potable marcan diferencia dentro del ecosistema evaluado, también se incluyen aspectos como las regulaciones del gobierno, tarifas aduanales aplicables, protección de propiedades intelectuales, así como tratados de libre comercio entre naciones. No se deben omitir el grado de colaboración que existe dentro del ecosistema con respecto a la transportación. Considerando todos y algunos otros elementos del ecosistema se puede obtener una referencia acertada de que tanto puede incrementarse o mantenerse competitiva un ecosistema de la cadena de valor.

Otra perspectiva sería la del análisis del riesgo. Concentrándose en los elementos del ecosistema se pueden encontrar riesgos latentes en cada uno de ellos, por nombrar algunos referentes a los recursos, encontramos riesgos en el recurso humano, hay veces que no existe el talento requerido, o el talento deseable es escaso, el riesgo de huelgas es latente y considerable si la empresa cuenta con trabajadores sindicalizados y la

cantidad de miembros del sindicato laborando en la empresa o en algún eslabón de la cadena. Riesgos no solamente de recursos sino también de instituciones, tal es el caso de las instituciones gubernamentales, la inestabilidad política presente en algún período de transición en el país donde se encuentre asentada gran parte, o parte crítica de la cadena de suministro, el incremento de los impuestos y trámites, así como regulaciones, pueden ser factor importante.

Otros de los riesgos en los cuales Viswanadham & Samvedi (2013) se enfocan, son los riesgos añadidos a las fallas de entregas. Este punto puede ser determinante o muchas veces omitido, pero significa tener en cuenta factores tan básicos como el clima. Las entregas de material, por ejemplo, pueden ser retrasadas por el bloqueo de una carretera, un accidente automovilístico o aéreo, el cierre de operaciones en aduanas. El sistema de comunicación o de gestión de la transportación se ve invadido por un virus cibernético, etcétera.

De acuerdo con la metodología elaborada por Viswanadham & Samvedi (2013), se utilizan dos

principales métodos basados en la lógica difusa, tales métodos son AHP y TOPSIS.

Método AHP: en este método las escalas son utilizadas para indicar la fuerza relativa de los factores en los criterios correspondientes, por lo tanto, una matriz con base en la lógica difusa puede elaborarse.

Los puntajes finales son también representados por números difusos.

Método TOPSIS. Es un método de criterios múltiples para identificar soluciones de un conjunto finito de alternativas. La lógica difusa de este método es la de definir la solución ideal y la “ideal” negativa. Dichas alternativas o soluciones son comparadas para definir la distancia que existe una de otra. Esta distancia es utilizada para definir un puntaje, la que se encuentra más cercana a la ideal y más lejana de la ideal negativa, generalmente califica como la óptima.

La razón por la cual se toman en consideración estas dos metodologías es por la popularidad y aceptación que éstas tienen en el entorno profesional, en comparación con otras metodologías de análisis de criterios múltiples.

Tabla 1. Comparativa de métodos AHP y TOPSIS propuestos por Viswanadham & Samvedi (2013)

Método AHP	Método TOPSIS
1. Clasificación de los criterios de los proveedores	1. Clasificación de los riesgos
2. Formar matrices de comparación difusos	2. Formar matrices de comparación difusos para los niveles altos y obtener los pesos
3. Aplicar método AHP para obtener los rangos de cada proveedor (contar con opinión de expertos)	3. Formar tabla de riesgo para el de menor jerarquía
	4. Aplicar método TOPSIS para obtener la clasificación de riesgo
Consolidar los rangos y los puntajes de riesgo obtenidos por los proveedores en una tabla	
Seleccionar al proveedor indicado	

Fuente: elaboración propia.

Muchos de los estudios que también consideran el riesgo, lo hacen añadiéndolo como un criterio adicional, pero, considerando la vulnerabilidad de los negocios hoy en día, los autores consideran que manejar y evaluar el riesgo por separado es más recomendable.

Sezhiyan & Nambirajan (2011) llevaron a cabo un estudio y selección de varios rubros por medio de la entrevista y aplicación de encuestas detalladas a expertos en el tema. Se consideraron en total 7 miembros de facultades académicas enfocadas a la gestión de la cadena de suministro, así mismo, incluyeron 22 gerentes de organizaciones manufactureras de varias áreas relacionadas a la cadena de suministro, logística, compras, comercial, tráfico y calidad. Estas entrevistas y encuestas fueron desarrolladas bajo los temas de la gestión del esfuerzo del suministro, selección de proveedores, capacidad logística, gestión de la cadena de suministro y el desempeño de la organización.

En total se evaluaron 80 puntos a considerar que entraban dentro de los temas anteriormente mencionados, de los cuales, después de eliminaciones, aclaraciones y revisión exhaustiva con los entrevistados se consideraron 49 elementos, de los cuales 12 fueron relacionados a la selección de proveedores, 8 sobre la gestión del esfuerzo del suministro, 7 sobre las capacidades logísticas, 6 sobre las estrategias de la cadena de suministro y 16 sobre el desempeño de la organización.

Ciesla (2015) propone una metodología basada en la selección de proveeduría en el ámbito metalmecánico automotriz. La característica fundamental que hacen considerar un método basado en la industria automotriz es por el hecho de considerar a la calidad de los productos como fundamento crítico dentro de la selección de proveedores. El mismo autor menciona sobre los criterios o factores que se deben de tomar en cuenta durante la selección de proveedores, podemos ver varios elementos que coinciden con las ideas de los otros autores en este documento, tales como el Tiempo de

entrega, la calidad y el precio del material suministrado, la disponibilidad de material para entrega inmediata, la calidad de la entrega y la elasticidad del proveedor.

Según Ciesla (2015) varios de los métodos que se pueden encontrar fácilmente, así como los métodos para evaluaciones de proveedores en los procesos de selección de los mismos, coinciden en las etapas generales del proceso ejecutado, inicialmente existe la Definición del material a suministrar, en segundo, se Definen los criterios de evaluación para los proveedores, se Definen las características de los proveedores y finalmente se realiza la Evaluación y selección de los proveedores.

Definiendo la metodología propuesta por Ciesla (2015), se tienen los siguientes pasos explicados

Definición del material a suministrar. En esta etapa es importante especificar todo detalle útil para el proveedor, es aquí donde indirectamente se descartan ciertos proveedores por el hecho de necesitar un producto que cumpla con ciertas normas o estándares internacionales, como bien se sabe, no todos los proveedores pueden cumplir con todas estas regulaciones y eso descarta ciertas opciones.

Definir las características de los proveedores. En esta segunda sección se identifican los puntos con los que los proveedores deben cumplir ya que es posible que el producto buscado requiera, como se dijo anteriormente, requiera cumplir con estándares internacionales o especificaciones comúnmente usadas en otros países donde probablemente sea originario el usuario final del producto o servicio.

Otra consideración a la hora de definir las características de los proveedores, puede ser la maquinaria con la que se cuenta, pues existen variedades de proceso de manufactura especializados para los fines de cualquier tipo de industria y un proceso específico puede darte los resultados o puede facilitar el cumplimiento de los requerimientos buscados.

Por último, se realiza la Evaluación y Selección de los proveedores. Una forma de realizarlo es utilizando el enfoque cualitativo para la etapa de evaluación, para esto se puede utilizar el modelo de las fortalezas y debilidades. El método incluye una escala de cinco puntos basada en los siguientes criterios: precio, ubicación, posición del mercado, términos de pago, cumplimiento de términos, disponibilidad en el mercado y calidad. Cada criterio es evaluado por un panel de expertos previamente seleccionado en una escala del 0 al 5 utilizando la siguiente equivalencia: U representando 0, que significa Insatisfactorio, W representando 1, refiriéndose a Débil, S para 2, representa Suficiente, G para Bueno representando 3 puntos y E representando 4 puntos para Excelente.

El instrumento por utilizar se basa en la metodología AHP propuesta por Viswanadham & Samvedi (2013) el cual consta de los siguientes pasos:

Paso 1. Seleccionar los criterios de evaluación. Para esta etapa se reúne a un grupo de expertos para discutir y elegir los criterios a evaluar. En este caso el grupo de expertos se define por los miembros del equipo gerencial de varios departamentos dentro de la organización. Departamentos como el de Manufactura, Calidad, Herramientales, Compras, Ingeniería y Finanzas. Los criterios seleccionados son Calidad, Precio, Términos de Pago, Capacidad, Resultados en Auditoría Técnica.

Calidad. En este criterio se considera el grado de cumplimiento de los proveedores con los requerimientos de calidad, en el caso de que sean proveedores que actualmente suministran material a la organización y estén siendo considerados para nuevos proyectos se toma

en cuenta el desempeño histórico en cuanto a la entrega del material 100% conforme a los requerimientos y especificaciones del material y el registro histórico de rechazos por cuestiones de calidad. En caso de ser nuevos proveedores para la organización se toma como referencia puntos evaluados durante la Auditoría Técnica referentes al manejo de la calidad en sus procesos, identificando su equipo de trabajo y maquinaria dedicada al aseguramiento de calidad en su producción.

Precio. Para este criterio es simplemente si el precio es competitivo comparado contra el objetivo en costo que se busca.

Términos de Pago. La organización tiene una política de solicitar términos de pago de 60 días

Capacidad. Se pretende evaluar el impacto en la capacidad productiva que el proyecto asignado pueda generarle al proveedor, para esto se cuenta con la capacidad instalada y el grado de ocupación, así como el grado de disponibilidad de capacidad que pueda ser utilizado para el nuevo negocio.

Auditoría Técnica. Es importante contar con un mínimo puntaje de 70 obtenido durante la Auditoría realizada por la misma organización, es requisito indispensable para el tipo de material. El estándar de auditoría será basado en el VDA 6.3, correspondiente a la industria automotriz alemana.

Paso 2. Ya seleccionados los criterios se evalúa el grado de importancia de cada uno:

Tabla 2. Tabla para ponderación de criterios

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>					
<b>Precio</b>					
<b>Términos de Pago</b>					
<b>Capacidad</b>					
<b>Auditoría Técnica</b>					

Fuente: Elaboración propia.

Una vez elaborada la matriz se procede a evaluar de acuerdo a la escala de Nivel de Importancia mencionada a continuación:

Tabla 3. Nivel de Importancia

<b>Nivel de importancia</b>				
<b>Igual</b>	<b>Moderada</b>	<b>Fuerte</b>	<b>Muy Fuerte</b>	<b>Extrema</b>
1	3	5	7	9

Fuente: Elaboración Propia.

La forma de evaluar los criterios con esta escala consta en iniciar con el criterio mencionado en la primera fila (en este caso Calidad) y definir el nivel de importancia que tiene en cada criterio de cada columna. Por ejemplo, la primera columna corresponde también al criterio de Calidad por lo que no puede ser evaluado, lo cual se le asigna el 1. En el caso siguiente se evalúa el criterio de Calidad contra el criterio de Precio, en caso de que Calidad sea moderadamente más importante que el criterio de Precio se procede a asignar el 3, siendo:

$$\text{Calidad (3) / Precio (1)} = 3/1 = 3$$

Si fuese contrario el caso, en el que Precio es moderadamente más importante que Calidad, se asignaría de la siguiente manera:

$$\text{Calidad (1) / Precio (3)} = 1/3 = 0.33$$

Se procede a completar la matriz de la misma forma, evaluando cada criterio en las filas contra, cada criterio de las columnas.

Paso 3. Una vez completada la Matriz para ponderación de criterios, se normaliza la matriz dividiendo el valor de cada posición de la matriz por la suma total de cada columna:

Tabla 4. Suma total de columnas

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>	A1	A2	A3	A4	A5
<b>Precio</b>	B1	B2	B3	B4	B5
<b>Términos de Pago</b>	C1	C2	C3	C4	C5
<b>Capacidad</b>	D1	D2	D3	D4	D5
<b>Auditoría Técnica</b>	E1	E2	E3	E4	E5
<b>Sumatoria</b>	T1	T2	T3	T4	T5

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

T1 = Sumatoria de (A1+B1+C1+D1+E1); T2 = Sumatoria de (A2+B2+C2+D2+E2); T3 = Sumatoria de (A3+B3+C3+D3+E3); T4 = Sumatoria de (A4+B4+C4+D4+E4); T5 = Sumatoria de (A5+B5+C5+D5+E5)

Ya que se cuenta con las sumatorias de los valores de cada columna, se puede normalizar la matriz dividiendo cada valor por la sumatoria de su columna:

Tabla 5. Normalización de valores

	<b>Matriz Normalizada</b>					<b>Promedio</b>
<b>Calidad</b>	A1 / T1	A2 / T2	A3 / T3	A4 / T4	A5 / T5	<b>P1</b>
<b>Precio</b>	B1 / T1	B2 / T2	B3 / T3	B4 / T4	B5 / T5	<b>P2</b>
<b>Términos de Pago</b>	C1 / T1	C2 / T2	C3 / T3	C4 / T4	C5 / T5	<b>P3</b>
<b>Capacidad</b>	D1 / T1	D2 / T2	D3 / T3	D4 / T4	D5 / T5	<b>P4</b>
<b>Auditoría Técnica</b>	E1 / T1	E2 / T2	E3 / T3	E4 / T4	E5 / T5	<b>P5</b>

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

P1 = Promedio valores de fila **Calidad**; P2 = Promedio de valores de fila **Precio**; P3 = Promedio de valores de fila **Términos de Pago**; P4 = Promedio de valores de fila **Capacidad**; P5 = Promedio de valores de fila **Auditoría Técnica**

Teniendo la matriz normalizada el siguiente paso será el de evaluar la consistencia de la ponderación y para esto se procede de la siguiente manera:

Lo primero es calcular el índice de Consistencia por la fórmula:

$$CI = (\lambda - n) / (n - 1)$$

Donde:

$\lambda$  = la sumatoria de los vectores que resultan de la multiplicación de la matriz ponderada por el promedio de la matriz normalizada

n = la cantidad de variables, en este caso serán 5

Una vez definido el índice de consistencia, procedemos a calcular la relación de consistencia expresado de la siguiente manera:

$$CR = CI / IA$$

Donde:

CI = es el Índice de Consistencia

IA = es la Consistencia Aleatoria, la cual se define de acuerdo a valores predeterminados con base al estudio de Saaty en 1995, considerando la siguiente tabla:

Tabla 6. Valores de Consistencia Aleatoria

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IA	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

Fuente: Elaboración propia.

Si la Relación de Consistencia es igual o menor a 0.1, significa que la ponderación de los criterios ha sido consistente, en caso contrario, se tiene que revisar la evaluación y ponderación de los criterios hasta poder obtener una CR consistente.

Paso 4. Una vez determinando que la ponderación es consistente, se procede a evaluar cada opción de proveedores de acuerdo con los criterios establecidos, es decir, para cada criterio se elabora una matriz de

ponderación y se repiten los pasos hasta la normalización de cada matriz.

Paso 5. Finalmente, ya obteniendo las ponderaciones normalizadas de cada proveedor para cada criterio, el último paso consiste en elegir al proveedor final el cual será elegido con base en la multiplicación de las ponderaciones de cada proveedor para cada criterio, por la ponderación de cada criterio obtenida en la matriz inicial, es decir:

Tabla 7. Priorización Final

	Calidad	Precio	Términos de Pago	Capacidad	Auditoría Técnica	Priorización
<b>Proveedor 1</b>	Pr1C	Pr1P	Pr1T	Pr1Ca	Pr1A	<b>F1</b>
<b>Proveedor 2</b>	Pr2C	Pr2P	Pr2T	Pr2Ca	Pr2A	<b>F2</b>
<b>Proveedor 3</b>	Pr3C	Pr3P	Pr3T	Pr3Ca	Pr3A	<b>F3</b>
<b>Proveedor 4</b>	Pr4C	Pr4P	Pr4T	Pr4Ca	Pr4A	<b>F4</b>
<b>Ponderación Criterios</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

F1 – F4 = La sumatoria de los resultados de cada criterio por cada proveedor, multiplicados por la ponderación de cada criterio, es decir, con base en la tabla ejemplo arriba mencionada:

$$F1 = (Pr1C \times P1) + (Pr1P \times P2) + (Pr1T \times P3) + (Pr1Ca \times P4) + (Pr1A \times P5)$$

La decisión de qué proveedor deberá ser elegido se tomará con base a quién obtuvo el nivel más alto de priorización (valor mayor entre F1, 2, 3 y 4)

### 3.6 Medición de Variables y estrategia de recolección de datos

Las variables o los datos serán recolectados directamente con los proveedores por medio de solicitudes de cotización, en la cual se presentará el plano de fabricación el cual contiene las medidas críticas con las que debe de cumplir el producto y el tipo de material con el que se debe de fabricar, así como algún acabado de la pieza.

### 3.7 Tratamiento estadístico.

Se elaborará una matriz en la cual la primera columna de izquierda a derecha será enlistada el total de características a evaluar. En la primera fila de la matriz se ubicarán los nombres de los proveedores a evaluar y en la intersección entre el nombre del proveedor y cada característica a evaluar se pondrá la cantidad de días naturales de tiempo de entrega, el precio en Dólares Americanos, la cantidad de días de pago, dependiendo de la variable a considerar.

### 4. Análisis y Discusión de Resultados.

Con base en la metodología propuesta en el capítulo anterior, se procede a utilizar la metodología paso a paso.

Paso 1, Selección de Criterios. Para identificar los criterios se seleccionó un grupo de personas consideradas expertas dentro de la organización. En este caso corresponde al grupo de liderazgo de las áreas operativas de Manufactura, Ingeniería, Herramentales,

Calidad, Compras, Planeación y Dirección General. Por medio de una sesión de trabajo enfocado al impacto del desempeño del proveedor en la organización, y cumpliendo con las políticas de Calidad y Compras se definieron los siguientes cinco (5) criterios: Calidad, Precio, Términos de Pago, Capacidad Productiva, Auditoría Técnica.

Paso 2, Definición Grado de Importancia por medio de Matriz de Ponderación de Criterios. Cada uno de los 7 expertos ponderó de acuerdo a su nivel de importancia cada criterio de acuerdo a la escala definida por Thomas L. Saaty (1980), la cual se menciona a continuación:

Tabla 8. Nivel de importancia

<b>Igual</b>	<b>Moderada</b>	<b>Fuerte</b>	<b>Muy Fuerte</b>	<b>Extrema</b>
1	3	5	7	9

Fuente: Elaboración propia.

La Matriz de Ponderación de Criterios realizada por cada uno de los expertos se muestra a continuación. Con los resultados se realiza una Matriz con el promedio de cada calificación y se redondea para el uso práctico.

Tabla 9. Matriz de Ponderación de Criterios de Compras

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>	1.00	<b>0.33</b>	<b>3.00</b>	<b>0.33</b>	<b>1.00</b>
<b>Precio</b>	3.00	1.00	<b>5.00</b>	<b>0.20</b>	<b>1.00</b>
<b>Términos de Pago</b>	0.33	0.20	1.00	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>
<b>Capacidad</b>	3.00	5.00	5.00	1.00	<b>5.00</b>
<b>Auditoría Técnica</b>	1.00	1.00	5.00	0.20	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Matriz de Ponderación de Criterios de Manufactura

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>	1.00	0.20	5.00	0.33	0.33
<b>Precio</b>	5.00	1.00	7.00	0.14	0.20
<b>Términos de Pago</b>	0.20	0.14	1.00	0.20	0.14
<b>Capacidad</b>	3.00	7.00	5.00	1.00	3.00
<b>Auditoría Técnica</b>	3.00	5.00	7.00	0.33	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Matriz de Ponderación de Criterios de Tooling

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>	1.00	5.00	5.00	0.33	0.14
<b>Precio</b>	0.20	1.00	3.00	0.20	0.33
<b>Términos de Pago</b>	0.20	0.33	1.00	0.20	0.20
<b>Capacidad</b>	3.00	5.00	5.00	1.00	0.33
<b>Auditoría Técnica</b>	7.00	3.00	5.00	3.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Matriz de Ponderación de Criterios de Planeación

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>	1.00	0.33	5.00	0.33	0.33
<b>Precio</b>	3.00	1.00	3.00	0.14	0.20
<b>Términos de Pago</b>	0.20	0.33	1.00	0.20	0.11
<b>Capacidad</b>	3.00	7.00	5.00	1.00	3.00
<b>Auditoría Técnica</b>	3.00	5.00	9.00	0.33	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Matriz de Ponderación de Criterios de Ingeniería

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>	1.00	5.00	5.00	0.20	0.20
<b>Precio</b>	0.20	1.00	5.00	0.33	0.33
<b>Términos de Pago</b>	0.20	0.20	1.00	0.20	0.20
<b>Capacidad</b>	5.00	3.00	5.00	1.00	5.00
<b>Auditoría Técnica</b>	5.00	3.00	5.00	0.20	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Matriz de Ponderación de Criterios de Calidad

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>	1.00	7.00	5.00	0.33	0.14
<b>Precio</b>	0.14	1.00	0.33	0.20	0.14
<b>Términos de Pago</b>	0.20	3.00	1.00	0.20	0.20
<b>Capacidad</b>	3.00	5.00	5.00	1.00	0.33
<b>Auditoría Técnica</b>	7.00	7.00	5.00	3.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Matriz de Ponderación de Criterios de Dirección General

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>
<b>Calidad</b>	1.00	3.00	5.00	0.33	0.11
<b>Precio</b>	0.33	1.00	0.33	0.33	0.20
<b>Términos de Pago</b>	0.20	3.00	1.00	0.20	0.33
<b>Capacidad</b>	3.00	3.00	5.00	1.00	3.00
<b>Auditoría Técnica</b>	9.00	5.00	3.00	0.33	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Matriz de Ponderación de Criterios Promedio

	Calidad	Precio	Términos de Pago	Capacidad	Auditoría Técnica
Calidad	1.00	2.98	5.00	0.31	0.32
Precio	0.34	1.00	3.00	0.22	0.34
Términos de Pago	0.20	0.33	1.00	0.20	0.20
Capacidad	3.00	5.00	5.00	1.00	3.00
Auditoría Técnica	3.00	3.00	5.05	0.33	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3, Normalización de Matriz de Ponderación de Criterios Promedio. Como se describe en el Capítulo III, en esta etapa de la metodología se procede con la normalización de la Matriz y posteriormente se calcula el promedio de cada criterio, estos resultados nos indican la

importancia de cada criterio de acuerdo a la opinión de los expertos en la organización, esto nos ayuda a entender cuál es el enfoque que la organización debe darle a la operación.

Tabla 17. Ponderación de criterios promedio

	Calidad	Precio	Términos de Pago	Capacidad	Auditoría Técnica	Matriz Normalizada					Promedio
Calidad	1.0	3.0	5.0	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0	<b>0.2</b>
Precio	0.3	1.0	3.0	0.2	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	<b>0.1</b>
Términos de Pago	0.2	0.3	1.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	<b>0.1</b>
Capacidad	3.0	5.0	5.0	1.0	5.0	0.6	0.4	0.3	0.5	0.7	<b>0.5</b>
Auditoría Técnica	0.5	2.0	3.0	0.2	1.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	<b>0.1</b>
Sumatoria	5.0	11.3	17.0	1.9	7.2						

Fuente: Elaboración propia.

Para validar que los criterios fueron ponderados coherentemente, se procede con el cálculo de la razón de consistencia lo cual se inicia con la multiplicación de la matriz por el promedio de los criterios y posteriormente,

con la sumatoria de los resultados, se calcula la razón de consistencia, a continuación, los resultados de dichas operaciones:

Tabla 18. Razón de consistencia

<b>Calidad</b>	0.99
<b>Precio</b>	0.50
<b>Términos de Pago</b>	0.28
<b>Capacidad</b>	2.57
<b>Auditoría Técnica</b>	0.71
<b>Sumatoria</b>	<b>5.05</b>
<b>Índice de consistencia</b>	0.01
<b>Consistencia aleatoria</b>	1.12
<b>Relación de consistencia</b>	0.01

Fuente: Elaboración propia.

Recordemos que si la Relación de consistencia es igual o menor a 0.1, nuestros datos y resultados son consistentes y coherentes, tal y como es el caso que se muestra.

Paso 4, Evaluación de Opciones/Alternativas. Ya sabiendo que nuestros datos son consistentes y son

reales, procedemos con la evaluación de cada Opción. Cada uno de los proveedores se comparó en los cinco criterios y se identificó la competitividad de sus ofertas, de acuerdo con la siguiente tabla y, manteniendo la información confidencial podremos observar y comparar las ofertas de la siguiente manera:

Tabla 19. Comparativa de ofertas

	Calidad	Precio	Términos de Pago	Capacidad	Auditoría Técnica
<b>Proveedor 1</b>	1ro	3ro	3ro	3ro	1ro
<b>Proveedor 2</b>	4to	4to	4to	4to	2do
<b>Proveedor 3</b>	2do	2do	1ro	1ro	3ro
<b>Proveedor 4</b>	3ro	1ro	2do	2do	4to

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se puede visualizar claramente en qué lugar se encuentra cada uno de los proveedores en cada criterio de acuerdo a sus ofertas.

Tabla 20. Criterio evaluado: Calidad

	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Matriz Normalizada				Promedio
<b>Proveedor 1</b>	1	7.00	3.00	5.00	1.48	0.54	0.82	0.60	<b>0.86</b>
<b>Proveedor 2</b>	0.14	1	0.33	0.33	0.21	0.08	0.09	0.04	<b>0.10</b>
<b>Proveedor 3</b>	0.33	3.00	1	3.00	0.49	0.23	0.27	0.36	<b>0.34</b>
<b>Proveedor 4</b>	0.20	3.00	0.33	1	0.30	0.23	0.09	0.12	<b>0.18</b>
<b>Sumatoria</b>	0.68	13.00	3.67	8.33					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Criterio evaluado: Precio

	<b>Proveedor 1</b>	<b>Proveedor 2</b>	<b>Proveedor 3</b>	<b>Proveedor 4</b>	<b>Matriz Normalizada</b>				<b>Promedio</b>
<b>Proveedor 1</b>	1.00	3.00	0.33	0.20	0.11	0.19	0.07	0.12	<b>0.12</b>
<b>Proveedor 2</b>	0.33	1.00	0.20	0.14	0.04	0.06	0.04	0.09	<b>0.06</b>
<b>Proveedor 3</b>	3.00	5.00	1.00	0.33	0.32	0.31	0.22	0.20	<b>0.26</b>
<b>Proveedor 4</b>	5.00	7.00	3.00	1.00	0.54	0.44	0.66	0.60	<b>0.56</b>
<b>Sumatoria</b>	9.33	16.00	4.53	1.68					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Criterio evaluado: Términos de Pago

	<b>Proveedor 1</b>	<b>Proveedor 2</b>	<b>Proveedor 3</b>	<b>Proveedor 4</b>	<b>Matriz Normalizada</b>				<b>Promedio</b>
<b>Proveedor 1</b>	1	3.00	0.20	0.33	0.12	0.20	0.30	0.09	<b>0.18</b>
<b>Proveedor 2</b>	0.33	1	0.14	0.20	0.04	0.07	0.21	0.06	<b>0.09</b>
<b>Proveedor 3</b>	5.00	7.00	1	3.00	0.60	0.47	1.48	0.85	<b>0.85</b>
<b>Proveedor 4</b>	3.00	5.00	0.33	1	0.36	0.33	0.49	0.28	<b>0.37</b>
<b>Sumatoria</b>	8.33	15.00	0.68	3.53					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Criterio evaluado: Capacidad

	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Matriz Normalizada				Promedio
<b>Proveedor 1</b>	1	3.00	0.20	0.33	0.12	0.20	0.30	0.09	<b>0.18</b>
<b>Proveedor 2</b>	0.33	1	0.14	0.20	0.04	0.07	0.21	0.06	<b>0.09</b>
<b>Proveedor 3</b>	5.00	7.00	1	3.00	0.60	0.47	1.48	0.85	<b>0.85</b>
<b>Proveedor 4</b>	3.00	5.00	0.33	1	0.36	0.33	0.49	0.28	<b>0.37</b>
<b>Sumatoria</b>	8.33	15.00	0.68	3.53					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Criterio evaluado: Auditoría Técnica

	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Matriz Normalizada				Promedio
<b>Proveedor 1</b>	1	3.00	5.00	7.00	1.48	0.85	0.60	0.47	<b>0.85</b>
<b>Proveedor 2</b>	0.33	1	3.00	5.00	0.49	0.28	0.36	0.33	<b>0.37</b>
<b>Proveedor 3</b>	0.20	0.33	1	3.00	0.30	0.09	0.12	0.20	<b>0.18</b>
<b>Proveedor 4</b>	0.14	0.20	0.33	1	0.21	0.06	0.04	0.07	<b>0.09</b>
<b>Sumatoria</b>	0.68	3.53	8.33	15.00					

Fuente: Elaboración propia.

Paso 5, Elección de Opción/Alternativa resultante y Conclusiones. Con los resultados de la evaluación de cada criterio se consolidan los datos del promedio de

cada Matriz en una matriz final y se suman los resultados para identificar la mejor opción.

Tabla 25. Tabla final de priorización

	<b>Calidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Términos de Pago</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Auditoría Técnica</b>	<b>Priorización</b>
<b>Proveedor 1</b>	0.86	0.18	0.18	0.18	0.85	<b>0.47</b>
<b>Proveedor 2</b>	0.10	0.09	0.09	0.09	0.37	<b>0.17</b>
<b>Proveedor 3</b>	0.34	0.37	0.85	0.85	0.18	<b>0.55</b>
<b>Proveedor 4</b>	0.18	0.85	0.37	0.37	0.09	<b>0.31</b>
<b>Ponderación Criterios</b>	<b>0.17</b>	<b>0.09</b>	<b>0.05</b>	<b>0.43</b>	<b>0.25</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión. De acuerdo con el método podemos observar claramente que, de acuerdo a la evaluación de cada proveedor con respecto a cada criterio la mejor oferta disponible es el Proveedor 3.

### Conclusiones

El trabajo presentado aporta una herramienta capaz de atacar uno de los retos más grandes que existen dentro de la administración de los suministros primarios, necesarios para la operación y continuidad del negocio. El contar con una metodología consistente y funcional para identificación, evaluación y selección de la base de proveedores aporta una ventaja competitiva en el ámbito global.

La metodología propuesta, otorga a los usuarios una alternativa de selección objetiva de proveedores alineados con los requerimientos de la organización. Dentro de esos requerimientos se encuentran los rubros de calidad de los proveedores, capacidad productiva, nivel de precio y términos de pago que se manejan.

Algunos de los beneficios o puntos fuertes que la metodología presenta son, a) el conocimiento del nivel de importancia para el proyecto que representan los requerimientos de la organización. De esta manera se

puede orientar el enfoque de la decisión en torno a los intereses fundamentales del proyecto en cuestión de tal forma que la selección del proveedor coincida con las necesidades de la organización para ese determinado proyecto. Adicional se identifica como mejora, b) El nivel de involucramiento de los departamentos involucrados. Cuando se solicita el apoyo de los representantes de la organización que pertenecen a diferentes departamentos, automáticamente son parte de la decisión y esto genera que la selección del proveedor considere las necesidades de todas las funciones de la organización, otorga responsabilidad de los departamentos en la elección del candidato ideal e incrementa la comunicación dentro de la organización. Finalmente, c) el riesgo de que la organización se vea afectada negativamente por el incumplimiento de entregas de material, costos adicionales generados por la mala calidad, afectación en sus finanzas y los costos productivos debido a un precio no competitivo o unos términos de pago desfavorables, se minimiza considerablemente.

Si bien no es posible decir que gracias a este trabajo el riesgo de fallas en el abastecimiento de material esta 100% eliminado, se logra aportar una alternativa que

ayuda a los principales objetivos, la continuidad operativa del negocio cumpliendo con los requerimientos del cliente.

### Referencias:

- Cannella, S., Ciancimino, E., Framinan, J. M., Disney, S. M., (2010). Los cuatro arquetipos de cadenas de suministro. *Universia Business Review*, 26. 134-149
- Alfaro Tanco, J. A., Rábade Herrero, L. A., Álvarez, J. L., (2007). Relaciones de integración empresa-proveedor: influencia de la trazabilidad. *Universia Business Review*, 15. 54-67
- Wang, Q., Lv, H., (2015). Supplier Selection Group Decision Making in Logistics Service Value Cocreation Based on Intuitionistic Fuzzy Sets. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2015. 10
- Viswanadham, N., Samvedi, A., (2013). Supplier selection based on supply chain ecosystem, performance and risk criteria. *International Journal of Production Research*, 51 (21). 6484-6498
- Sezhiyan, D. M., Nambirajan, T., (2011). The Impact of Supplier-Selection, Supply Effort Management, Logistics Capabilities and Supply Chain. *The Journal Contemporary Management Research*, 5 (1). 30-46
- Ciesla, M., (2016). Aluminum supplier selection for the automotive parts manufacturer. *Metabk*, 55 (2). 237-240
- Chun-Yun, Sh., Kun-Tzu, Y., (2012). An integrated fuzzy strategic supplier selection approach for considering the supplier integration spectrum. *International Journal of Production Research*, 50 (3). 817-829
- Arroyo López, P. E., Cárcamo Solís, M. L., (2009). Estudio comparativo sobre el desarrollo de proveedores en dos ramas industriales: automotriz y textil y de la confección. *Contaduría y Administración* 228. 105-126
- García Alcaraz, J. L., Alvarado Iniesta, A., Maldonado Macías, A. A., (2013). Selección de proveedores basada en análisis dimensional. *Contaduría y Administración*, 58 (3). 249-278
- Valle, S., Vázquez-Bustelo, D., (2009). Inclusión de los proveedores en el proceso de desarrollo de nuevos productos. Un análisis de la industria española. *Universia Business Review*, 24. 62-75
- Desheng Dash, W., Olson, D., (2010). Enterprise risk management: a DEA VaR approach in vendor selection. *International Journal of Production Research*, 48 (16). 4919-4932
- Saghafian, S., Van Oyen, M., (2012). The value of flexible backup suppliers and disruption risk information: newsvendor analysis with recourse. *IIE Transactions* 44. 834-867
- Narro Ramírez, A. E., (1996). Aplicación de algunos modelos matemáticos a la toma de decisiones. *Política y Cultura*, 6. 183-198
- Noshad, K., Awasthi, A., (2015). Supplier quality development: A review of literature and industry practices. *International Journal of Production Research*, 53 (2). 466-487
- Blome, C., Hollos, D., Paulraj, A., (2014). Green procurement and green supplier development: antecedents and effects on supplier performance. *International Journal of Production Research*, 52 (1). 32-49
- Lawson, B., Krause, D., Potter, A., (2015). Improving Supplier New Product Development Performance: The Role of Supplier Development. *J Prod Innov Manag*, 32 (5). 777-792
- Friedl, G., Wagner, S., (2012). Supplier development or supplier switching? *International Journal of Production Research*, 50 (11). 3066-3079