

APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA MULTICRITERIO PARA SELECCIÓN DE
PROVEEDORES EN UN HOSPITAL DEL NORTE DEL VALLE

JENNY CRISTINA CORREA LIBREROS

LUISA MARÍA RUIZ MÉNDEZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ZARZAL

2014

APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA MULTICRITERIO PARA SELECCIÓN DE
PROVEEDORES EN UN HOSPITAL DEL NORTE DEL VALLE

JENNY CRISTINA CORREA LIBREROS

LUISA MARÍA RUIZ MÉNDEZ

Trabajo de grado presentado para optar por el título de

INGENIERA INDUSTRIAL

Director:

MSc. Carlos Alberto Rojas Trejos

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ZARZAL

2014

Nota de aceptación:

Firma del Evaluador

Zarzal, Febrero 26 de 2014

Dedicatoria

A Dios por ser mí guía y mí aliado siempre.

A mis padres y hermanos, por todo el amor, apoyo y confianza que me brindan.

*A mi familia, por ser siempre incondicionales, y acompañarme en el camino para la
consecución de mis metas.*

A todos los que de alguna forma han contribuido a mi formación como profesional.

Luisa M. Ruiz

A Dios, por darme la sabiduría, la fuerza y respaldo para el logro de todas mis metas.

A mis padres y mi hermana por todo el apoyo recibido y por acompañarme en este camino.

A todos los que de alguna manera me acompañaron en esta etapa de mi vida.

Jenny C. Correa

Agradecimientos

A Dios, por ayudarnos a tener disciplina y paciencia para culminar este trabajo.

A nuestras familias, por creer en nosotras y apoyarnos durante todos estos años.

Al profesor Carlos Alberto Rojas Trejos quien direccionó nuestro trabajo y nos brindó su comprensión y acompañamiento en el transcurso de este trabajo.

A la Universidad del Valle y a todos los profesores que contribuyeron a nuestra formación académica y profesional.

A la empresa objeto de estudio, por la información suministrada y la disposición de su personal para la elaboración de este trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	17
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVO GENERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. GENERALIDADES	21
4.1. ESTADO DEL ARTE.....	21
4.2. MARCO TEÓRICO.....	25
4.2.1. El Proceso de Decisión	25
4.2.2. Análisis Multicriterio	27
4.2.2.1. Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).....	28
4.2.2.2. Proceso Analítico en Red (ANP)	31
4.2.2.3. Despliegue de la Función de Calidad (QFD)	33
4.2.2.4. Técnica para ordenar preferencias por similitud a la solución ideal (TOPSIS)	37
4.2.3. Conjuntos Difusos (Fuzzy Sets).....	37
4.2.4. Lógica Difusa (Fuzzy Logic)	38
4.2.5. Proceso de Análisis Jerárquico Difuso (FAHP).....	39
5. CARACTERIZACIÓN SISTEMA ACTUAL DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES	42
6. FACTORES CRÍTICOS EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES	47

7. SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA MULTICRITERIO	56
8. CASO DE ESTUDIO	69
8.1. DESCRIPCIÓN	69
8.2. METODOLOGÍA AHP Y TOPSIS.....	70
8.2.1. Fase 1: Proceso Analítico Jerárquico (AHP).	71
8.2.2. Fase 2: Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud con la Solución Ideal (TOPSIS).	79
8.3. RESULTADOS OBTENIDOS	86
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS	100
Anexo 1. Matriz de comparación de criterios-autor.....	100
Anexo 2. Formato de selección de criterios.....	102
Anexo 3. Matriz de comparación de herramienta-autor.....	104
Anexo 4. Vector prioridad de la matriz de los criterios.	106
Anexo 5. Vector prioridad de la matriz de las alternativas para cada criterio.	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escala de Saaty.....	30
Tabla 2. Criterios de decisión.	71
Tabla 3. Alternativas a evaluar.....	72
Tabla 4. Matriz de comparación de las alternativas para el criterio C1	74
Tabla 5. Vector prioridad de las alternativas para el criterio C1	76
Tabla 6. Tabla de Índice aleatorio para $n = (1, \dots, 8)$	77
Tabla 7. Resultado de consistencia de la matriz de alternativas para el criterio C1.	78
Tabla 8. Matriz de decisión para aplicar TOPSIS.....	79
Tabla 9. Matriz base para la matriz de decisión normalizada.	80
Tabla 10. Matriz de decisión normalizada.	81
Tabla 11. Matriz de decisión normalizada ponderada.	82
Tabla 12. Valores de la solución ideal positiva (A^+) y negativa (A^-) para cada criterio.....	83
Tabla 13. Distancias de cada criterio a la solución ideal positiva D^+	84
Tabla 14. Distancias de cada criterio a la solución ideal negativa D^-	84
Tabla 15. Resultados y priorización de las alternativas.	85
Tabla 16. Comparación de resultados AHP vs AHP-TOPSIS.....	88
Tabla 17. Matriz de comparación de criterios-autor.	100
Tabla 18. Formato selección criterios.	102
Tabla 19. Matriz de comparación de herramienta-autor.	104
Tabla 20. Vector prioridad de la matriz de los criterios.....	106
Tabla 21. Vectores prioridad de las matrices de las alternativas para cada criterio.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Esquema del problema de decisión.....	26
Figura 2.Proceso Analítico Jerárquico.	29
Figura 3.ANP con BOCR.....	33
Figura 4.Procedimiento QFD.	36
Figura 5.Diagrama de flujo de proceso de selección de proveedores actual.	44
Figura 6.Selección de criterios Comité de compras.....	53
Figura 7.Resultado de la matriz de comparación de herramienta-autor.....	65
Figura 8. Jerarquía para la selección del proveedor.	73
Figura 9.Gráfica de la prioridad de las alternativas.	86

RESUMEN

La selección de proveedores es un problema de toma de decisiones multicriterio ya que involucra tanto atributos cualitativos como cuantitativos, lo que hace necesario la aplicación de herramientas de tipo multicriterio para resolverlo. Los proveedores son una parte muy importante de la cadena de abastecimiento de una organización, ya que de estos depende el fortalecimiento de la gestión de aprovisionamiento, el eslabón base de toda cadena. Este trabajo de grado propone una metodología basada en la aplicación de una combinación de las herramientas multicriterio Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) y la Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud con la Solución Ideal (TOPSIS, por sus siglas en inglés), para la selección de un proveedor de insumos médicos de un hospital departamental del Norte del Valle del Cauca, considerando un grupo de 16 factores críticos para evaluar tres posibles alternativas.

Palabras Clave: Selección de proveedores, Análisis de decisión multicriterio, AHP, TOPSIS.

ABSTRACT

The supplier selection is a problem of multicriteria decision making, because it involves both qualitative and quantitative attributes, which makes it necessary to apply multicriteria tools to solve it. Suppliers are an important part of the supply chain of an organization, since of they depend the strengthening the supply management, which is the basis of all chain link. This paper proposed a methodology based on the application of a combination of multicriteria tools Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), for the selection of a provider of medical supplies of hospital departmental of North of Valle of Cauca, considering a group of 16 critical factors to evaluate three alternatives.

Keywords: Supplier selection, multicriteria decision analysis, AHP, TOPSIS

INTRODUCCIÓN

En el mercado actual, las exigencias del mundo empresarial están en constante crecimiento, impulsando a las compañías productoras de bienes y/o servicios a liderar estrategias a lo largo de toda su cadena de abastecimiento, que permitan mejorar su desempeño en aspectos como precio, calidad, plazo y servicio. En el marco de la administración de la cadena de suministro un proceso clave es la gestión de aprovisionamiento¹, teniendo en cuenta que de ésta depende la relación mutuamente beneficiosa proveedor-cliente y la adecuada disposición de los recursos necesarios en la cantidad, el momento y el lugar exacto a lo largo de la línea de producción garantizando de esta manera materias primas e insumos con calidad, precio, velocidad y servicio requerido.

Para esto es necesario tener herramientas que encaminen a las organizaciones hacia la adecuada selección y evaluación de proveedores, que permitan analizar cuáles son los criterios para la toma de decisiones y quienes pueden o son aptos para suplir sus necesidades.

En el sector de la salud el uso de estas prácticas no son ajenas, ya que estos al igual que las demás organizaciones necesitan de la gestión de aprovisionamiento para asegurarse que haya un correcto funcionamiento a lo largo de toda la cadena de atención a los usuarios y comunidad en general, estos comprenden no solo la adquisición de medicamentos sino de

¹Sarache, W., Hoyos, C., & Burbano, J. Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio. *Scientia et Technica* Año X, No 24, 219-224.

sangre, materiales quirúrgicos y de curación, sustancias químicas, entre otros, para el cumplimiento de todos los procesos que se llevan a cabo en el hospital.

Por ésta razón se pretende aplicar una herramienta para la selección de proveedores en un hospital del Norte del Valle que sirva como medio para elegir la mejor combinación posible entre todos aquellos elementos que se consideren importantes para tomar la decisión de quiénes serán los entes que podrán abastecer de la mejor manera todos los insumos o materias primas necesarias, mediante el uso de una metodología multicriterio que combine todos los criterios cualitativos y cuantitativos que deben ser tenidos en cuenta para dicha decisión, para eso es necesario identificar los factores críticos (calidad, precio, fecha de entrega, entre otros) importantes con base en los requerimientos y necesidades de la organización, para posteriormente darles una ponderación definiendo un orden prioritario, y seleccionar así el proveedor que se ajuste más a los criterios que se consideran fundamentales y que fueron seleccionados.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo, la situación actual del sector salud se encuentra dividido por dos grandes tendencias; por un lado se tiene la globalización, la tecnología y la innovación de los países desarrollados que cada vez tienen mejores avances en materia de medicina, y por el otro se tiene los países en desarrollo donde este tema es precario, no solo por la ausencia de programas de salud sino por las limitaciones a las que se ven enfrentados los organismos internacionales (Organización Mundial de la Salud y Naciones Unidas) para poder acceder a lugares donde la infraestructura no es la más favorable; pero el panorama que encierra estos dos mundos, son el aumento de enfermedades infecciosas y el crecimiento poblacional que hacen necesario la creación continua de fármacos que puedan dar solución a estas problemáticas.²

Según, Neal Nathanson (2009) rector adjunto de salud global de la escuela de medicina de la Universidad de Pensilvania, existen tres categorías principales entre las que se enmarcan los desafíos a los que se enfrenta la salud mundial: el primero hace referencia a problemas como la contaminación, la superpoblación y el agotamiento de los recursos que afectan todo el planeta provocando la carencia de elementos básicos para las personas, que pueden desencadenar en problemas de salud. Los factores económicos como la pobreza y el poco presupuesto destinado a la salud son considerados como el segundo factor dentro de esta lista de desafíos. Por último, considera el “desarrollo social” como un instrumento que

²La calidad en el mundo es responsabilidad de todos. (2009). Wharton Universia. Recuperado de <http://www.wharton.universia.net/index.cfm?fa=viewArticle&ID=1804>

puede ayudar al sector mediante la intervención de la comunidad en la creación de sistemas de salud que favorezcan a millones de personas que viven en situaciones de pobreza.

En Colombia el panorama no está muy alejado de este problema, el actual sistema de salud pasa por un momento crítico, donde las clínicas y hospitales se ven enfrentados a situaciones como los salarios atrasados, las deudas a proveedores y los proyectos de modernización estancados a causa de los déficits financieros ocasionados por la falta de pago de las entidades promotoras de salud y el gobierno, situación que conlleva a una inadecuada prestación de servicio y que muchos de éstos estén a punto de llegar a la quiebra dejando a un gran porcentaje de la población sin este servicio; además el problema se agrava, este sector ha sido altamente víctima de la corrupción y fuga de recursos desde hace ya varios años permitiendo que muchos de los usuarios de este sistema no puedan acceder a servicios de salud con calidad y que sus empleados no reciban salarios durante meses³.

Debido al actual dinamismo del mercado y de la economía, el entorno empresarial es cada vez más competitivo y la consolidación en el mercado va de la mano con estrategias empresariales que involucren la mejora continua de sus procesos, una de estas estrategias es el fortaleciendo uno a uno de los eslabones de la cadena de abastecimiento, en este caso, el proceso de compras y aprovisionamiento en una empresa pública del sector salud. Este proceso comprende la selección de proveedores apropiados que puedan cumplir con todos

³Así es la crisis que viven clínicas y hospitales del país. Revista Semana. (7 de julio de 2011). Recuperado de <http://www.semana.com/nacion/articulo/asi-tesis-viven-clinicas-hospitales-del-pais/242557-3>.

los requerimientos necesarios ofreciendo de la mejor manera un buen servicio, adecuado tanto a las necesidades de la organización como a las de sus clientes.

Para las empresas prestadoras de salud, ya sean Clínicas, hospitales, EPS (Entidades Promotoras de Salud), ó IPS (Instituciones Prestadoras de Servicios), este proceso es crítico ya que la función principal de estos es prever y velar por el bienestar de sus pacientes, en este caso una pequeña equivocación como un medicamento que no cumpla con las reglas establecidas o la falta de uno, puede conllevar a una severa complicación en la salud de estos, además de generar poca confiabilidad en un sector donde aspectos como este son fundamentales, hecho que no solo va contra la razón de ser de estas instituciones sino contra las leyes gubernamentales que los rigen.

Pero las elecciones de compras no dependen solo de los insumos que tenga cada proveedor, en este proceso intervienen diversos factores o criterios que hacen que las decisiones de compras no sean fáciles de tomar; criterios como la calidad, las fechas de pago y de entrega, la cantidad, el precio, entre otros, intervienen de manera simultánea y ocasionan que la selección de proveedores se convierta en una decisión multicriterio.

Teniendo en cuenta la criticidad de la problemática y las consecuencias que pudiera ocasionar tomar decisiones equivocadas sobre a quién comprarle y los criterios que se deben considerar, se deriva la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera se debe aplicar una herramienta multicriterio de tal forma que integre los diferentes factores relevantes relacionados con la decisión de compra para un hospital del Norte del Valle?

1.1. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo en un hospital del norte del Valle del Cauca perteneciente al subsector oficial del sistema nacional de salud, prestador de servicios en los procesos de promoción, fomento, prevención, diagnóstico, control, tratamiento y rehabilitación en el nivel 1 y 2 de atención.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GENERAL

Aplicar una herramienta para la selección de proveedores para un hospital del Norte del Valle haciendo uso de técnicas multicriterio.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el sistema actual de selección de proveedores del hospital.
- Determinar los factores críticos que inciden en la selección de proveedores.
- Definir una herramienta multicriterio que integre los factores críticos mencionados.
- Validar la herramienta multicriterio mediante un caso de estudio.

3. JUSTIFICACIÓN

Para las empresas públicas, más aún para un hospital departamental del Estado, la correcta selección de proveedores es fundamental, ya que a partir de ésta se garantizan recursos e insumos de buena calidad y la prestación de un servicio oportuno a sus beneficiarios. Por esto se hace necesario identificar aspectos cualitativos y cuantitativos, que son relevantes a la hora de seleccionar los entes que se encargarán de proveer los insumos que se requieren, con el fin de minimizar costos y ofrecer en las mejores condiciones todos los bienes y/o servicios.

Si una empresa desea ofrecer servicios o insumos de la mejor calidad deberá fortalecer sus entradas para conseguirlo, por esto es importante que elija sus proveedores basándose en su capacidad de suministrar con base en los requisitos⁴ que sean necesarios. Además es importante mantener una buena relación proveedor-cliente considerando que puede traer beneficios a corto y largo plazo, ya que estos en algunos casos resultan ser un aliado en la ventaja competitiva y el cumplimiento de los objetivos estratégicos⁵ de las Organizaciones.

Existen algunas herramientas de carácter multicriterio que facilitan la toma de decisiones; en este caso la selección un buen proveedor cumpliendo con ciertos parámetros como: el tipo de organización, calidad, precio, tiempo de entrega, pagos, entre otros; los cuales

⁴ Norma ISO 9001. Literal 7.4.1. Control de Compras: controle los Procesos de Compra. Recuperado de <http://www.normas9000.com/iso-9000-41.html>

⁵ Sarache, W., Castrillón, O., & Ortiz L., (2009). Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte. *Cuad. Adm.* 22 (38): 145-167. Universidad Nacional de Colombia.

apoyan fuertemente los eslabones de la cadena de suministro y garantizan el buen funcionamiento de la misma y por ende de la empresa.

4. GENERALIDADES

4.1. ESTADO DEL ARTE

La gestión de la cadena de abastecimiento se ha convertido en eje primordial de la competitividad empresarial, hoy en día las empresas están en busca de fortalecerla y convertirla en su camino al éxito en un mercado globalizado, dinámico y cada vez más exigente, y para lograrlo es necesario garantizar el buen funcionamiento de cada uno de los eslabones de la cadena.

El primer eslabón y base de toda la gestión, es la función de aprovisionamiento, la cual “hasta los años ochenta, fue relegada a las operaciones de compra y administración del inventario. No obstante, las exigencias del medio competitivo actual han llevado a reconocer su importancia en la estrategia empresarial y se acepta en gran parte que el buen desempeño de la empresa depende del desempeño de sus proveedores”. Burt, Dobler y Donald, (2003) (citados en Sarache, W., Castrillón, O., & Ortiz L., (2009), p. 148).

Actualmente el aprovisionamiento se encarga de las relaciones proveedor-cliente y garantiza que se tengan los insumos y recursos necesarios para la producción de bienes y/o servicios, dentro de este se encuentra inmersa la selección de proveedores como un proceso que garantiza a la empresa contar con buenas materias primas e insumos en el momento adecuado y acorde a las necesidades específicas que se requieran; para la toma de estas decisiones se deben tener en cuenta dos tipos de criterios: cualitativos y cuantitativos los

cuales abarcan todos los aspectos indispensables a considerar a la hora de tomar la decisión de quién será el proveedor más indicado.

Seleccionar a los proveedores no debe ser un simple impulso, es decir, no debe hacerse usando factores como proximidad o costo; por el contrario debe ser elegido a través de un análisis multicriterio que involucre todos aquellos aspectos que afectan la decisión.

Son variadas las herramientas utilizadas para la selección de proveedores que involucran decisiones multicriterio, los investigadores en este campo han desarrollado un variado número de casos de estudio aplicando estos métodos tanto para empresas productoras como para prestadoras de servicios en diferentes sectores económicos.

Bernhard W., et al. (2005)⁶ utilizan las herramientas AHP y ANP para comparar cuatro opciones estratégicas de gestión para una unidad de gestión forestal privada de 250 hectáreas de bosque que incluye la mejora adecuada de los recursos forestales y su contribución a los ciclos globales del carbono, el mantenimiento de la salud de los ecosistemas forestales y la vitalidad, el mantenimiento y potenciación de las funciones productivas de los bosques (madera y no madereros), el mantenimiento, conservación y mejora apropiada de la diversidad biológica en los ecosistemas forestales, el mantenimiento y mejora apropiada de las funciones de protección en la gestión del bosque (sobre todo,

⁶ Bernhard, W., Harald, V., Manfred J. (2005). Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. Department of Forest and Soil Sciences, Institute of Silviculture, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, *Peter-Jordanstr.* 82, A-1190 Vienna, Austria.

suelo y agua), el mantenimiento de otras funciones y condiciones socio-económicas y 43 indicadores como criterios de evaluación. Utilizando estas dos herramientas hacen una comparación de los resultados donde discuten las diferencias, así como las fortalezas y debilidades de ambos enfoques para la ordenación forestal sostenible; obteniendo como resultado que ambas concuerdan en la elección de la misma alternativa pero difieren en las prioridades de los indicadores.

Un año después García, J.(2006)⁷ diseñan un modelo multiatributo para su aplicación en el sector agropecuario basándose en la técnica AHP para la selección de maquinaria agrícola, para este caso de estudio se tienen 3 alternativas de solución y cinco criterios como costo, potencia, flexibilidad, comodidad y seguridad.

Otra aplicación gira en torno a la toma de decisiones en cuanto a la elección de la localización adecuada de instalaciones como es el caso de Martínez, E. (2007)⁸, en este se busca resolver un problema de localización que permita ubicar el mejor lugar disponible para abrir una nueva tienda de una empresa comercial. Allí intervienen varios criterios de selección: el costo de alquiler del local, la visibilidad que éste tiene, el número de clientes potenciales del lugar y la competencia, constituida por el número de negocios similares existentes en la zona considerada. Además se evalúan 3 posibles alternativas que son: un local en un gran comercial en el centro de la ciudad, otro en las afueras de la ciudad y un

⁷ García, J., Noriega, S., Díaz, J. & Riva, J. (2006). Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de tecnología agrícola. *Agronomía Costarricense* 30 (1), 107–114.

⁸ Martínez, E. (2007) Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*. XL (2007) 523-542.

local en una calle comercial principal. Para dar solución al problema se aplica aplican el método multicriterio AHP y para su análisis usan el software de apoyo Expert Choice.

En el campo de la salud, Osorio, J. & Orejuela, J. (2008)⁹ presentan un ejemplo de aplicación de la técnica AHP para seleccionar el mejor lugar para construir un centro de atención de primer nivel que incluya los servicios de medicina general y odontología para cubrir la demanda de la población del norte del Cauca (Colombia), a partir de la definición de tres alternativas de localización (Santander de Quilichao, Caloto y Puerto Tejada) y seis criterios: población, cercanía al hospital, costo del terreno, seguridad, servicios públicos y transporte. Presentando de esta manera la alternativa que tiene mayor prioridad aunque dejan a juicio del realizador del proyecto la decisión de ubicación.

Además, Jiménez, V. (2012)¹⁰ presenta una metodología multicriterio para una empresa dedicada a la prestación de servicios de salud con la finalidad de implementar un sistema de costeo ABC; el cual debe realizar de manera gradual y para esto necesita establecer a cuales de sus procesos operativos debe aplicar primero dicho sistema. Mediante el uso de la técnica AHP se busca priorizar los procesos que consideran más importantes; esta organización tiene en cuenta cinco factores críticos: sostenibilidad financiera, rentabilidad social, satisfacción del cliente interno y externo, y disponibilidad de tecnología con los

⁹ Osorio, J. & Orejuela, J. (2008) El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et Technica* Año XIV, No 39, Universidad Tecnológica de Pereira.

¹⁰ Jiménez, V. (2012) Aplicación de metodología multicriterio para la priorización de los procesos objeto de costeo en entidades del sector de la salud. *Libre Empresa* Vol. 9 No. 1. 99-123.

cuales evaluará cada una de las alternativas de decisión (procesos) las cuales se encuentran organizadas en las áreas de atención de urgencias, atención ambulatoria especializada, atención en terapia intensiva, atención hospitalaria quirúrgica, atención hospitalaria no quirúrgica y atención hospitalaria materno infantil.

4.2.MARCO TEÓRICO

A continuación serán abordados los conceptos que son considerados importantes para el proceso y elaboración de esta investigación, iniciando con el proceso de decisión, continuando con el análisis multicriterio, finalmente se describen algunas de las herramientas multicriterio más relevantes aplicadas en la actualidad.

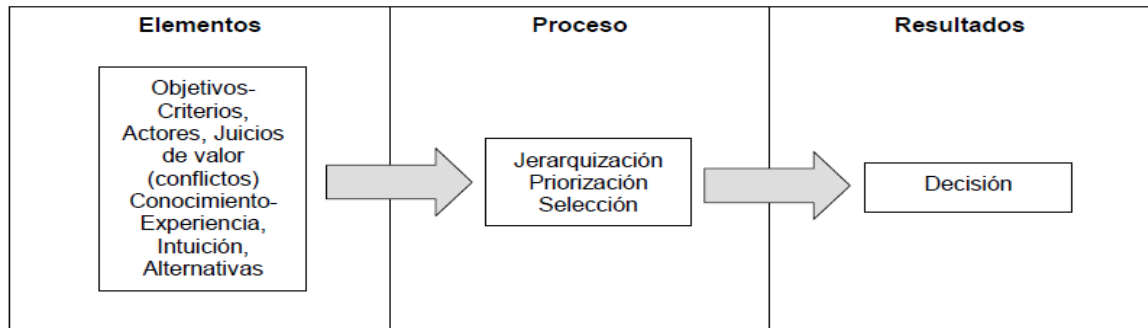
4.2.1. El Proceso de Decisión

Según Pacheco et al. (2008)¹¹ el proceso de decisión implica necesariamente que haya una comparación entre las posibles alternativas: en primera instancia es necesario separar el problema en los elementos que lo componen, para así realizar una comparación entre ellos, dicha comparación se realiza proporcionando medidas a los criterios para establecer preferencias entre un elemento y otro, es decir, una jerarquía.

¹¹ Pacheco, J. & Contreras, E. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) Santiago de Chile.

El esquema del problema de decisión (Fig. 1) se compone de tres partes principales.

Figura 1.Esquema del problema de decisión.



Fuente: Arancibia, S., Contreras, E. 2006. Evaluación Multicriterio, Aplicaciones al ámbito público.

1) Elementos: están compuestos por los objetivos, criterios, actores involucrados, juicios de valor (conflictos), conocimiento, experiencia, intuición, alternativas. Los elementos que participan en un proceso de decisión por lo general se miden en escalas diferentes (peso, distancia o tiempo, por ejemplo), por lo que se requiere transformar estas unidades en una unidad abstracta que sea válida para todas las escalas.

2) Proceso: está integrado por la jerarquización y priorización.

- *Jerarquización:* Corresponde a la relación de orden entre las alternativas, para lo cual se requiere de un modelo de decisión.

- *Priorización:* Consiste en determinar una razón de proporcionalidad, definida en términos de la importancia de una alternativa respecto a otra; para esto se requiere de un proceso de evaluación.

- 3) Resultado:** Comprende la decisión de selección de una alternativa, jerarquización o priorización de proyectos.

4.2.2. Análisis Multicriterio

El análisis multicriterio consiste en un método que permite facilitar y orientar la toma de decisiones a partir de criterios múltiples. Se emplea principalmente para resolver problemas de decisión a través de juicios que surgen después de hacer comparaciones entre varias alternativas, por lo que puede ser empleado también como método de evaluación.

Este método implica que haya participación por parte de distintos actores o grupos interesados como: decisores, técnicos, expertos, beneficiarios, entre otros y pretende integrar sus diversas opiniones en cuanto a las posibles alternativas a elegir con el fin de tomar la mejor decisión. Su objetivo es entonces llegar a una solución mediante la simplificación del problema teniendo en cuenta, en todo momento, las preferencias de los involucrados.¹²

En la actualidad, este método se utiliza principalmente para proporcionar herramientas que faciliten el proceso de toma de decisiones enmarcadas en la resolución de problemas; entre estas herramientas se encuentran algunas que serán mencionadas a continuación:

¹²Análisis multicriterio. Recuperado de http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/tools/too_cri_def_es.htm.

4.2.2.1. Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

El AHP fue desarrollado por Saaty en los años 70's permitiendo modelar un sistema complejo de múltiples criterios a través de una estructura de orden jerárquico¹³. Como afirman Osorio & Orejuela (2008) es una metodología para estructurar, medir y sintetizar.

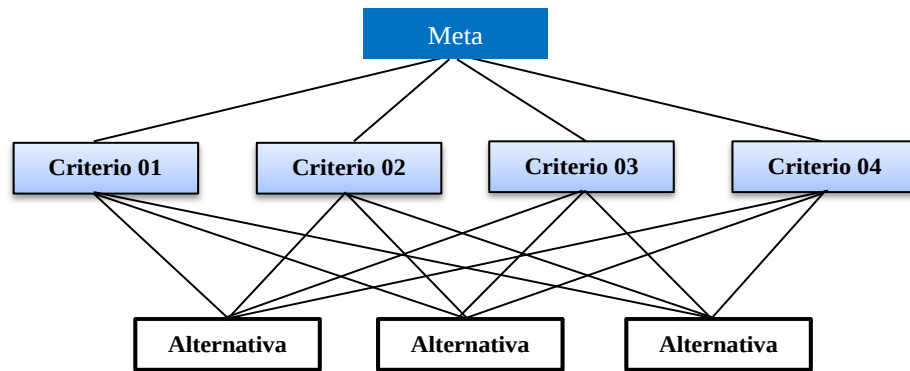
El AHP es un modelo matemático que involucra todos los aspectos del proceso de toma de decisiones: funciona bajo una estructura jerárquica, está basado en escala de prioridades considerando preferencias de un elemento sobre otro, maneja varias alternativas, realiza comparaciones binarias entre los elementos, sintetiza los juicios emitidos y entrega las alternativas en forma de un ranking u ordenamiento de acuerdo a los pesos obtenidos (prioridades). (Arancibia et al. 2005).

El AHP está compuesto de tres etapas fundamentales:

1. Análisis de una jerarquía donde se tiene en cuenta los elementos principales que intervienen en el problema. El nivel más alto de jerarquía está el objetivo perseguido, los niveles siguientes o intermedios se componen de los criterios y subcriterios que ayudaran al cumplimiento del objetivo y por último en el nivel más bajo están las alternativas consideradas. (Figura 2)

¹³ Büyükyazici, M. & Sucu, M. (2003). Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics. Volume 32, 65-73.

Figura 2.Proceso Analítico Jerárquico.



Fuente: Adaptado de Vargas, R. 2010. Utilizando el proceso analítico jerárquico (AHP) para seleccionar y priorizar proyectos en una cartera.

2. Emisión de juicios mediante comparaciones pareadas. Los juicios son recogidos en matrices de comparación por pares, para así obtener las prioridades de cada elemento de la jerarquía. Para la medición de estos juicios se emplea la escala de Saaty (1980) la cual se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Escala de Saaty.

IMPORTANCIA	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	De igual importancia	Igual contribución de dos tipos de actividades al objetivo general
3	Superioridad moderada de un criterio sobre otro	La experiencia de una ligera superioridad con respecto a otro
5	Fuerte superioridad	La experiencia habla de ello
7	Importancia significativa	A un tipo de actividad se le da tal importancia que se vuelve significativa
9	Superioridad indiscutible	Se admite sin discusión
2	Decisiones intermedias entre dos apreciaciones cercanas	Se utiliza en casos de convenio y compromiso
4	Decisiones intermedias entre dos apreciaciones cercanas	Se utiliza en casos de convenio y compromiso
6	Decisiones intermedias entre dos apreciaciones cercanas	Se utiliza en casos de convenio y compromiso
8	Decisiones intermedias entre dos apreciaciones cercanas	Se utiliza en casos de convenio y compromiso
Magnitudes Inversas	1/2, 1/3, 1/4, 1/5...1/9	

Fuente: Adaptada de Patiño G., Herrán O. (2011). Desplazamiento forzado, niñez y adolescencia: escenarios en relación con su estabilización socioeconómica. Revista de salud pública. Universidad Nacional de Colombia.

3. Priorización y síntesis. En esta etapa se realiza el cálculo de las prioridades locales, a partir de las cuales se generan las globales que al ser sintetizadas se obtienen las prioridades totales de las alternativas.

Según Toskano (2005)¹⁴ algunas de las ventajas que este proceso presenta frente a otros métodos de decisión multicriterio son:

- Permite desglosar un problema por partes.
- Permite medir criterios cualitativos y cuantitativos mediante una escala común.
- Incluye la participación de varias personas o grupos de interés y busca un consenso entre ellos.
- Presenta un sustento matemático.
- Es de fácil uso y permite que su solución se pueda complementar mediante métodos matemáticos de optimización.
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de efectuar un análisis de sensibilidad.
- Permite verificar la consistencia y hacer las debidas correcciones de ser necesario.

4.2.2.2. Proceso Analítico en Red (ANP)

El ANP fue propuesto por Saaty (2001)¹⁵ y es una generalización de su primer modelo AHP (Proceso analítico jerárquico), partiendo de que muchos problemas de decisión no pueden ser estructurados de manera jerárquica porque es necesaria la interacción de los elementos de más alto nivel con los de nivel inferior, además no solo debe ser la importancia de los criterios la que permita determinar la importancia de las alternativas

¹⁴ Toskano, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* (Monografía). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.

¹⁵ Saaty, T. (2001). *The Analytic Network Process*. University of Pittsburgh. USA.

como en una jerarquía, sino también la importancia de las alternativas, a sí mismo determina la importancia de los criterios; siendo entonces este proceso una solución a los problemas que no pueden ser estructurados jerárquicamente. Por esta razón se representa un problema de decisión como una red de elementos que se encuentran agrupados en componentes y las interdependencias entre estos sin necesidad de hacer específicos una serie de niveles como sucede en el caso de una jerarquía.

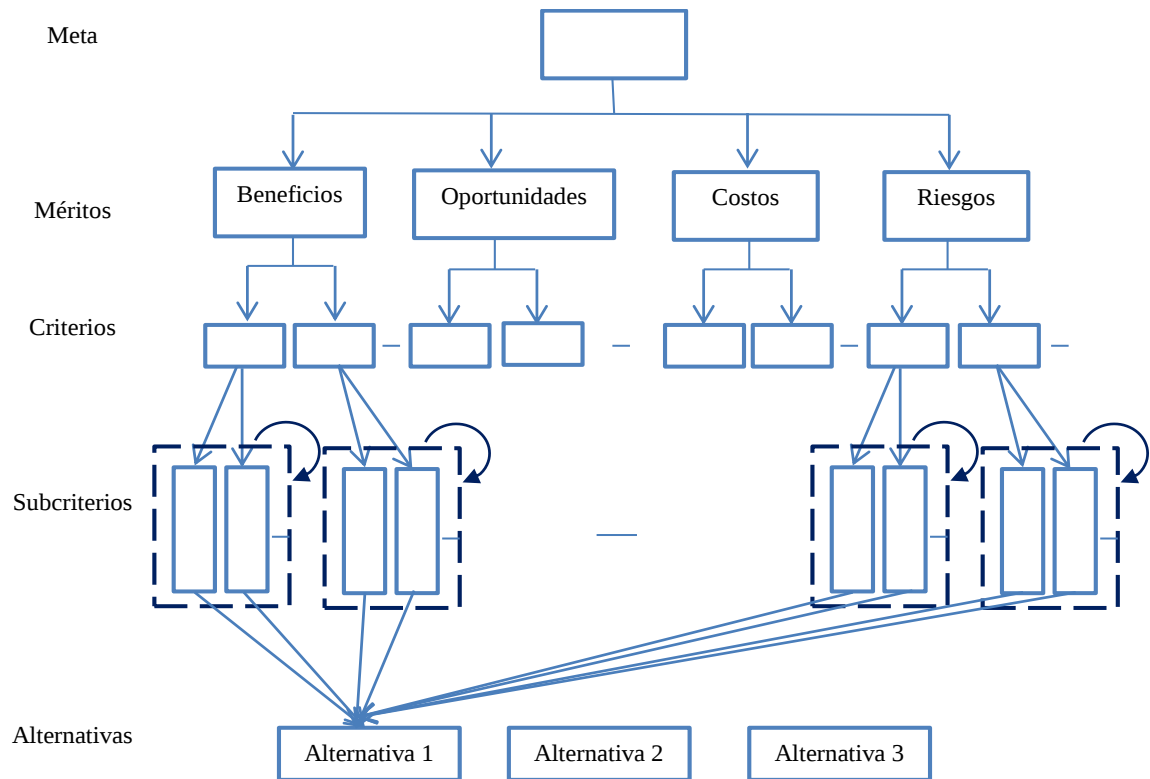
Comprende de forma resumida cinco pasos principales (Aznar, J. et al. 2010)¹⁶:

- 1) Realizar comparaciones pareadas entre elementos.
- 2) Construir una supermatriz (supermatriz original) con los vectores de pesos (autovectores) resultantes de las matrices de comparación pareada entre elementos.
- 3) Realizar comparaciones pareadas entre componentes.
- 4) Ponderar los bloques de la supermatriz original con los pesos de los componentes para convertirla en una matriz estocástica por columnas (supermatriz ponderada).
- 5) Elevar la supermatriz ponderada a potencias sucesivas hasta alcanzar la convergencia (supermatriz límite).

En el proceso analítico en red los problemas son estudiados en algunos casos a través de un grupo de criterios conocido por sus siglas como BOCR el cual se compone de Beneficio, Oportunidad, Costo y Riesgo como se evidencia en la Figura 3.

¹⁶ Aznar, J., Ferrís, J. & Guijarro, F. (2010). La valoración de inmuebles urbanos mediante el proceso analítico en red. *Revista de estudios regionales* nº 87, PP. 45-70. Universidad Politécnica de Valencia.

Figura 3.ANP con BOCR.



Fuente: Adaptado de Lee, A, Chang, H & Lin, CH. An evaluation model of buyer–supplier relationships in high-tech industry — the case of an electronic components manufacturer in Taiwan. Sciencedirect.

4.2.2.3.Despliegue de la Función de Calidad (QFD)

El QFD se originó en Japón en la década de los 60's; consiste en un método de diseño de productos y servicios que pretende recoger la voz del cliente y traducirla en características de diseño y operación que satisfagan las demandas y expectativas del mercado. (Yacuzzi &

Martín. 2003)¹⁷. Estas características deben ser adaptadas a la organización en cada una de las etapas de desarrollo del producto, desde el diseño hasta la fabricación.

Benvenuto (2008)¹⁸ dice que este método trae a las organizaciones diversos beneficios, algunos generales como la integración de todas las áreas de la empresa, el conocimiento de las necesidades de los clientes, orientación de las personas a realizar equipos de trabajo, encaminar los trabajos hacia la mejora continua; además, reducción de costos, lo cual brinda ventajas sobre sus competidores. Algunos específicos como el desarrollo de nuevos productos, la disminución de los márgenes de tiempo entre lanzamientos de productos, menores costos y defectos, entre otros.

En su documento indica cuatro fases para el procedimiento completo del QFD, en las cuales se utiliza una matriz para cada una de estas fases. (Ver Figura 4).

La primera fase es la planificación del producto, en la cual se relacionan y evalúan los requisitos del cliente (los qué's), para luego ser traducidos a las características técnicas de diseño del producto (los cómo's), dando como resultado las especificaciones del diseño. Es en esta fase donde se utiliza la matriz conocida como “Casa de la calidad”, traducida del inglés de la frase “House of Quality”.

¹⁷ Yacuzzi, E. & Martín F. (2003). QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos.

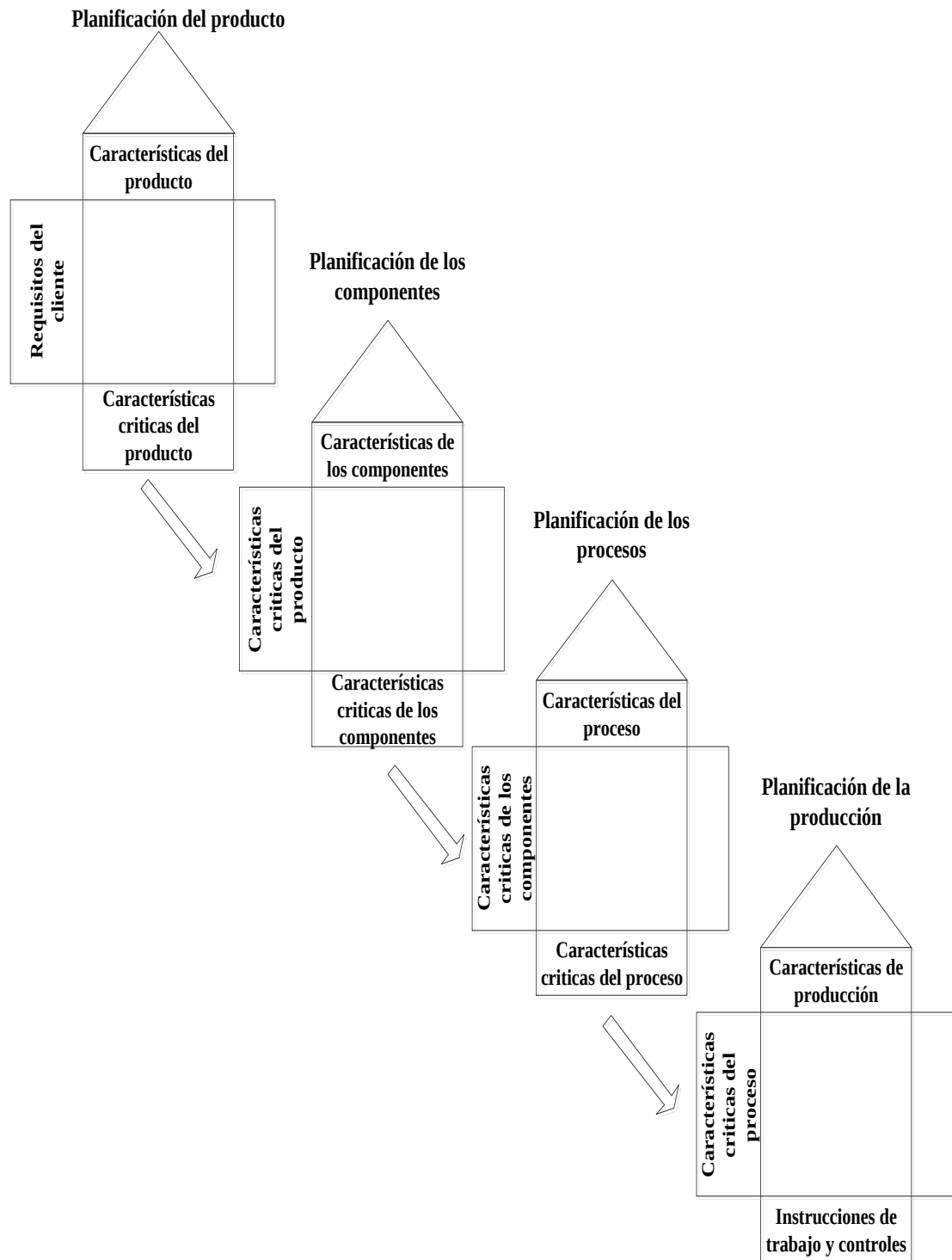
¹⁸ Benvenuto, R. (2008). *Diseño de un proceso basado en la metodología del QFD para el desarrollo de productos en una empresa de asistencias internacionales*. (Proyecto profesional). Universidad Peruana de ciencias aplicadas. Lima- Perú.

La segunda fase es la planificación de la calidad de los componentes, donde se realiza una traducción de las principales características del producto (los qué's) en características de calidad para cada uno de los componentes del producto (los cómo's).

Luego, sigue la **tercera fase: la fase de planificación de la calidad del proceso**. En esta fase, se realiza una traducción de las características críticas de los componentes (los qué's) en características del proceso (los cómo's); es decir se busca identificar las distintas fases importantes del proceso para obtener las características deseadas del producto.

La cuarta fase: la planificación de la calidad de la producción. En esta fase se traducen las características críticas del proceso (los qué's) en instrucciones de producción y de inspección de calidad (los cómo's), esto con el fin de delimitar tolerancias y metodologías de control para mantener la variabilidad del producto dentro de los rangos de control deseados.

Figura 4.Procedimiento QFD.



Fuente: Adaptado de Sanguesa, M., Dueñas, R. & Ilzarbe, L. Teoría y práctica de la calidad. 2006.

4.2.2.4. Técnica para ordenar preferencias por similitud a la solución ideal (TOPSIS)

La herramienta Topsis (*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*) fue desarrollada por Hwang & Yoon (1981) la cual se basa en el concepto de seleccionar la alternativa que se encuentra a una distancia más corta posible de una solución ideal y lo más lejos posible respecto a otra solución anti-ideal.

Está compuesto por siete pasos principales conocidos como Algoritmo de TOPSIS:

1. Establecimiento de la matriz de decisión.
2. Normalización del matriz de decisión.
3. Construir la matriz de decisión normalizada ponderada.
4. Determinar la solución ideal positiva (SIP) y la solución ideal negativa (SIN).
5. Cálculo de las medidas de distancia.
6. Cálculo de la proximidad relativa a la solución ideal.
7. Ordenación de preferencias.

4.2.3. Conjuntos Difusos (Fuzzy Sets)

El concepto de conjuntos difusos fue introducido por Lotfi A. Zadeh (1965) para procesar información y datos no probabilísticos. Estos fueron diseñados con el fin de representar

matemáticamente situaciones de incertidumbre y vaguedad proporcionando herramientas formalizadas que permitan trabajar con problemas de este tipo.

El propósito de éste autor consiste en hacer que el rango de valores que representa la pertenencia de un elemento a un conjunto pueda variar en el intervalo que va de 0 a 1 $[0,1]$ incluyendo ambos valores y los intermedios, en lugar de limitarse a uno de los valores del par $\{0,1\}$ que generalmente representan verdadero o falso, en el caso de los conjuntos clásicos.

A partir de la teoría de conjuntos difusos se introduce más tarde la lógica difusa, la cual es también una extensión de la lógica tradicional que utiliza conceptos de pertenencia de conjuntos más realistas ya que tienen una semejanza mayor al pensamiento humano.

4.2.4. Lógica Difusa (Fuzzy Logic)

La teoría de la lógica difusa fue también desarrollada por Zadeh en la década de los 60, y propone que un elemento siempre pertenece en un cierto grado a un conjunto y nunca pertenece del todo a ese mismo conjunto, lo que permite establecer una manera eficiente para trabajar con incertidumbre. El objetivo de ésta es suplir la necesidad de un marco conceptual donde se pueda tratar la incertidumbre no probabilística y la imprecisión léxica, de manera que los conceptos que se tengan en cuenta sean menos ajenos a la realidad, es decir, se ajusten más a la desordenada y compleja lógica del pensamiento humano.

Como se mencionó anteriormente, funciona bajo el concepto de los conjuntos difusos y rechaza el concepto de la lógica tradicional de responder a los problemas y tomar decisiones con base a solo dos alternativas: verdadero o falso, sí o no, 1 o 0, contrario a esto considera la existencia de otros valores o atributos no precisos para resolver un problema complejo, de manera que sean interpretadas las posibles situaciones de incertidumbre como en el caso del razonamiento humano.

A partir de los conceptos de lógica difusa y el proceso analítico jerárquico (AHP) se crea una integración conocida como AHP difuso o fuzzy buscando fortalecer el proceso de toma de decisiones en situaciones de incertidumbre.

4.2.5. Proceso de Análisis Jerárquico Difuso (FAHP)

En el AHP los juicios que se emiten están basados en una escala discreta conocida como la escala de Saaty, la cual trabaja desde el concepto de la lógica tradicional y emplea números del uno al nueve para representar juicios lingüísticos; pero la vida cotidiana y el pensamiento humano no funcionan de ese modo, para que la resolución de problemas puedan acercarse más a la realidad es necesario considerar la incertidumbre e imprecisión del pensamiento humano. El Proceso analítico jerárquico difuso, resulta de una combinación entre la lógica difusa y el AHP como alternativa de solución a esta problemática, ya que éste permite a los encargados de tomar las decisiones expresar sus opiniones y preferencias de manera más subjetiva y no tan precisa.

Para Durán & Aguiló (2006)¹⁹ la aplicación de esta metodología considera las tres etapas siguientes:

1. Construcción de la estructura jerárquica para el problema a ser resuelto.
2. Obtención de la matriz fuzzy de comparaciones
3. Realizar un ranking de las alternativas y seleccionar la más adecuada

4.2.6. Despliegue de la Función de Calidad Difusa (FQFD)

Esta metodología es una variación del QFD apoyada en la lógica difusa, que busca dar solución a los inconvenientes que ésta presenta. Olaya, et al. (2005)²⁰ nombran como falencias del QFD:

- ✓ No tener en cuenta la imprecisión de las variables con las que se trabaja.
- ✓ Inadecuado manejo de las variables cualitativas y cuantitativas.
- ✓ Las características de calidad no medibles o que se desconozca su valor no son tenidas en cuenta para el análisis.

¹⁹ Durán, O. & Aguiló, J. (2006). Selección de máquinas de control numérico usando Fuzzy AHP. *Espacios*. Vol. 27 (1) 2006. Pág. 17.

²⁰ Olaya, E; Cortés, C. & Duarte, O. (2005). Despliegue de la función calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctrica de mano. *Redalyc.org, Ingeniería e Investigación*. Vol. 25, No. 1, abril, pp. 30-38, Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Además busca aplicar las ventajas del método difuso con el fin de incluir la subjetividad presente en los juicios emitidos por los encargados del proceso de toma de decisiones, de manera que se logren resultados más cercanos a la realidad.

Osorio, J. et al. (2011)²¹ presenta una metodología general compuesta por una serie de ocho fases:

1. Identificar los “Que” o variables internas.
2. Identificar los criterios relevantes para la evaluación: “Cómo” o variables externas.
3. Determinar la importancia relativa de las variables internas.
4. Determinar los niveles de correlación entre las variables internas y externas.
5. Cuantificar la importancia relativa de cada variable externa.
6. Desarrollar la matriz de correlaciones entre las variables externas.
7. Determinar el impacto final de cada alternativa sobre los atributos considerados.
8. Clasificación final de las alternativas.

Una vez contemplados los diferentes conceptos expuestos en el estado del arte y el marco teórico, considerados relevantes para el desarrollo de este trabajo; en el siguiente capítulo se abordará la caracterización del proceso de selección de proveedores que maneja actualmente el hospital objeto de estudio.

²¹ Osorio, J. Arango, D. & Ruales, C. (2011). Selección de proveedores usando el despliegue de la función de calidad difusa. *Revista EIA*. Número 15, p. 73-83. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín-Colombia.

5. CARACTERIZACIÓN SISTEMA ACTUAL DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES

El hospital objeto de estudio cuenta con tres áreas encargadas en la selección de proveedores: gerencia, subgerencia y almacén de insumos. Las dos primeras se encargan de los procesos de selección y presupuesto, mientras el almacén es responsable de procesos como recepción, manejo de materiales, inventario, órdenes de compra, cotizaciones con los proveedores, y lista de requerimientos de insumos para cada una de las áreas del hospital además de los cinco puestos de salud ubicados en los corregimientos pertenecientes al municipio donde se encuentra ubicado.

El comité de compras es el encargado de elegir los proveedores que se tendrán en cuenta cuando se necesite comprar un insumo; está conformado por la gerencia, subgerencia, personal de tesorería, presupuesto y almacén, además de un coordinador médico y un contador.

El proceso inicia con el requerimiento de la lista de necesidades de insumos de cada una de las áreas, la cual se realiza de forma manual con un formato establecido por la entidad o por medio virtual, a partir de allí el almacén genera una orden de compra manual y solicita cotizaciones a un grupo determinado de proveedores provenientes de su base de datos que envían la información necesaria ya sea por fax o correo.

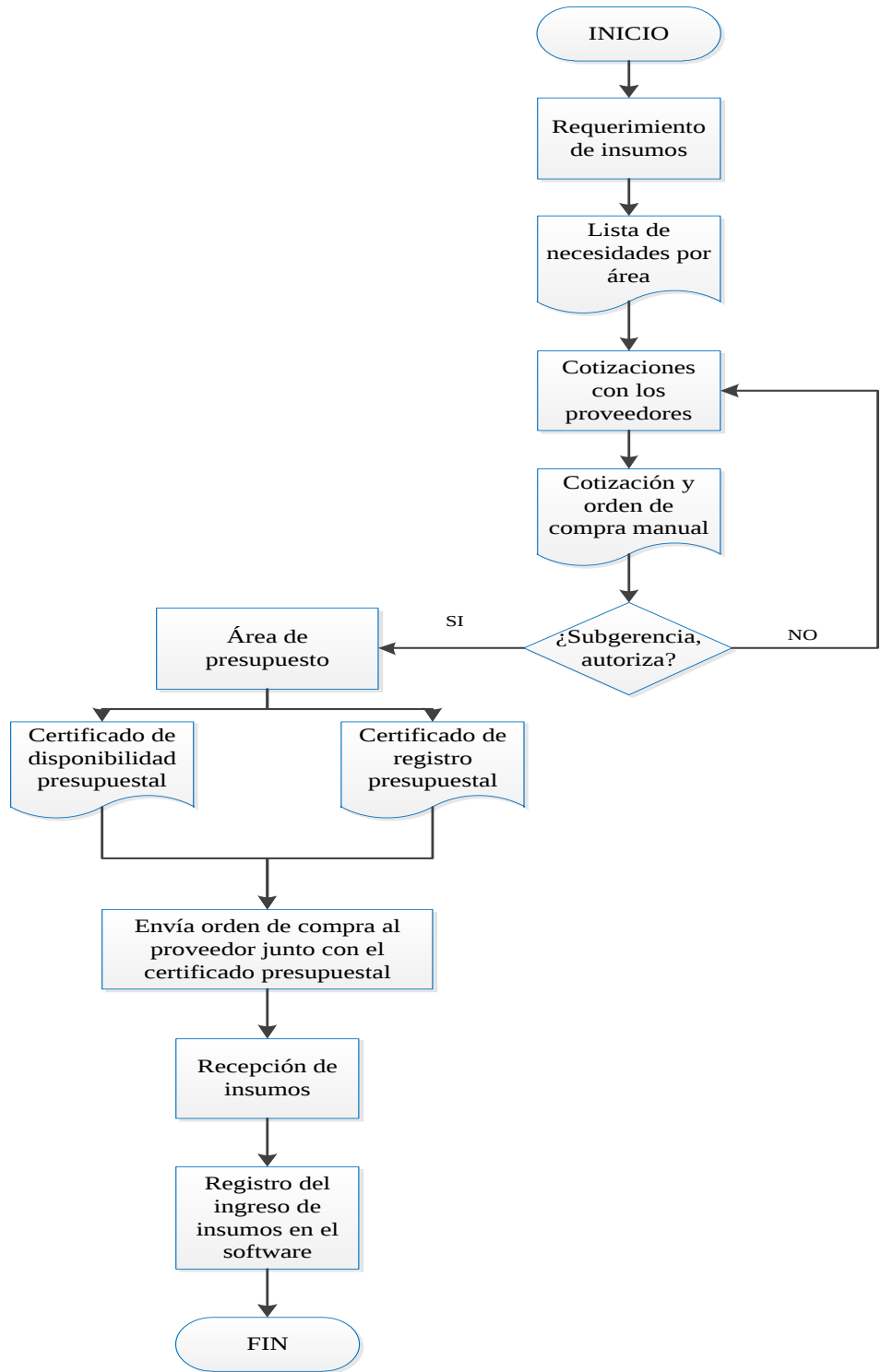
Terminado este proceso y con las cotizaciones, el área de almacén en compañía de la subgerencia administrativa toman la decisión de seleccionar el proveedor que más se ajusta

a sus necesidades, teniendo en cuenta criterios como calidad referente a las características o especificaciones del producto, precio, créditos y plazos de pago, considerado este último como un factor clave ya que el hospital no mantiene un buen flujo de caja. Luego de seleccionar el proveedor, la solicitud y la orden de compra son dirigidas al área de presupuesto para verificar la disponibilidad, la cual se entrega en forma de documento junto con el compromiso de pago (registro presupuestal) al encargado del almacén, quien los envía como anexos con la orden de compra al proveedor.

Cuando llega el insumo al almacén, se registra la respectiva información de cantidad por referencia en el software SIHOS® así como la orden de compra relacionada con el ingreso. El inventario se revisa continuamente de forma electrónica y manual.

En la Figura 5. Se puede observar a manera de resumen el proceso actual del hospital en cuanto a la selección de sus proveedores, descrito anteriormente.

Figura 5.Diagrama de flujo de proceso de selección de proveedores actual.



Fuente: Elaboración propia.

Los insumos que maneja el almacén del hospital son los pertenecientes a las áreas de:

- ✓ Papelería
- ✓ Odontología
- ✓ Laboratorio
- ✓ Rayos X
- ✓ Materiales de oficina.
- ✓ Oxígeno
- ✓ Sangre
- ✓ Alcohol
- ✓ Mantenimiento hospitalario (repuestos y accesorios para los equipos biomédicos) e implementos en general como bombillos, llaves tubos, lámparas, entre otros.

El alcohol, el oxígeno y la sangre se pagan de contado donde se debe realizar primero la consignación al proveedor antes de recibir la mercancía; para los otros ítems se fijan fechas de pago con los proveedores.

Estos tres insumos son considerados críticos, debido a que la ausencia de uno de estos puede poner en peligro la vida de un paciente; en caso de emergencia en el que se requiera más cantidad de alguno de los insumos mencionados, se realiza convenios con los proveedores.

El hospital no maneja medicamentos e insumos médico quirúrgicos debido a que este proceso es independiente y es proporcionado por una farmacia particular.

En la actualidad se cuenta con una base de datos de 26 proveedores, los cuales no se encuentran clasificados por grupos y no son sometidos a ningún tipo de evaluación; el único aspecto relevante consiste en determinar si las características del producto cumplen con los requerimientos técnicos exigidos por el personal de cada área que interactúa de forma directa con el insumo, si el producto es conforme, el proveedor es considerado para una próxima compra.

6. FACTORES CRÍTICOS EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

En este capítulo se presenta una revisión bibliográfica de las diversas investigaciones realizadas en torno a la selección de proveedores mediante una descripción de los criterios definidos para cada caso, y así determinar los más relevantes y críticos usados en el proceso.

Sarache, W., et al. (2004)²² para su desarrollo en una empresa del sector metalmecánico de la ciudad de Manizales tienen en cuenta cinco criterios: *nivel de calidad de los productos suministrados, fiabilidad en la entrega, cercanía geográfica del proveedor, grado de adaptabilidad a los cambios sugeridos por la empresa, porcentaje de participación en las ventas del producto al cual suministran materia prima*. Los cuales fueron definidos por grupo de expertos (directivos de la empresa).

Por otra parte, Herrera, M. & Vinasco, M. (2005)²³ presentan en su estudio para aseguramiento de proveedores de Coomeva y sus empresas aplicando AHP difuso, una serie de 18 criterios separados en cuatro grupos:

- ✓ *Situación de la empresa*: estabilidad financiera, capacidad administrativa, habilidad técnica, recurso de soporte, sistema de calidad y globalización y localización.

²² Sarache, W., Hoyos, C., & Burbano, J. (2004) Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio. *Scientia et Technica* Año X, No 24, 219-224.

²³ Herrera, M. & Vinasco, M. (2005). *Modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de Coomeva y sus empresas, aplicando AHP Difuso* (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia.

- ✓ *Desempeño de producto/ servicio:* en el uso final, en el manejo, en el uso como componentes del producto/servicio final y en otras consideraciones.
- ✓ *Desempeño de servicio:* soporte al cliente, satisfacción del cliente, seguimiento y profesionalismo.
- ✓ *Costo:* precio, descuento financiero, descuento comercial y plazo de pago.

Igualmente, Toskano, G. (2005)²⁴ en su caso de estudio para una empresa dedicada a la producción de envolturas flexibles que desea abastecer su inventario de materiales, presenta una serie de criterios macros los cuales contienen a su vez un conjunto de subcriterios definidos de la siguiente manera:

- ✓ *Factores de producción:* tiempo de entrega, calidad del uso del material
- ✓ *Factores contables:* precios y facilidades de pago
- ✓ *Confiabilidad del proveedor.*

Según, Macías, C. (2005)²⁵ los criterios tradicionales para la selección de los proveedores para un laboratorio clínico o entidad de salud deben ser:

- ✓ *Proveer productos de la calidad requerida.*
- ✓ *Ofrecer un buen precio.*
- ✓ *Hacer entregas a tiempo y completas.*
- ✓ *Prestar un buen servicio.*

²⁴ Toskano, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* (Monografía). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

²⁵ Macías, C. (2005). Módulo 5. Gestión de los proveedores. Instituto de hematología e inmunología. Ministerio de salud pública. Ciudad Habana.

Hernández, J. & García, M. (2007)²⁶ validaron un caso de estudio hipotético en el cual se consideran criterios de decisión definidos de la siguiente manera: *producto o servicio, calidad, precio, nivel de inspección, referencias y apoyo técnico que brinda la organización, diversidad de productos, recursos que dispone, manejo de solicitudes, niveles de inventarios, atención al cliente, manejo de reclamaciones, frecuencia²⁷, costos, flexibilidad y condiciones de las entregas, capacidad de los vehículos, manejo de tecnologías, capacidad para procesos en línea, uso de nuevas tecnologías, y nivel de las comunicaciones.*

En el manual de proveedores de bienes e insumos (2007)²⁸ de la E.S.E. Hospital del sur “Gabriel Jaramillo Piedrahita” de la ciudad de Itagüí, se encuentran documentados para sus políticas con relación a proveedores los siguientes criterios básicos para elegir un proveedor:

- ✓ *Calidad de su producto o servicio.*
- ✓ *Condiciones económicas que ofrece.*
- ✓ *Oportunidad para la entrega o prestación de su servicio.*
- ✓ *Seriedad y aseguramiento de la calidad*

²⁶ Hernández J. & García M. (2007, junio). Matrices De Ponderación para la evaluación de proveedores. Documento presentado en el IV ICSE, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Publicado en CD.

²⁷ Más que importar el número de despachos que hace el proveedor, interesa medir si la frecuencia de despacho habitual, está acorde con las necesidades que se tienen para el producto que está siendo evaluado.

²⁸ E.S.E. Hospital del sur de Itagüí “Gabriel Jaramillo Piedrahita”. (2007). *Manual de proveedores de bienes e insumos*. Itagüí, Colombia.

En el año siguiente, Arango, D. & Ruales C. (2008)²⁹ en su modelo para la certificación de proveedores aplicando QFD difuso definen dos grupos de criterios, el primero corresponde a las características internas que deben satisfacer los proveedores en cuanto a la relación con la empresa: *sistema de gestión de calidad, capacidad administrativa, desempeño comercial, estabilidad financiera, tratamiento de quejas y reclamos, posicionamiento geográfico, investigación y desarrollo, procesamiento de la información y capacidad instalada de producción*. El segundo grupo representa las características propias que deben tener los productos o servicios suministrados: *servicio al cliente, especificaciones técnicas del producto, tiempo de entrega, cumplimiento de órdenes de compra, precio de venta y desempeño logístico*.

Posteriormente, García, J., et al. (2010)³⁰ definen para la selección de un proveedor que suministra un componente crítico de su producto final cuatro criterios relevantes:

- ✓ *Costo*
- ✓ *Servicio*
- ✓ *Administración y organización*
- ✓ *La tecnología que posee el proveedor en sus procesos de producción.*

²⁹ Arango, D. & Ruales C. (2008). *Formulación de un modelo para la certificación de proveedores en la empresa Drypers Andina S.A.* (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia.

³⁰ García, G., Romero, J. & Canales, I. (2010). Selección de proveedores usando el método Moora. *Culcyt*//Septiembre-Diciembre 2010 94 Año 7, No. 40-41.

Además, Castiblanco, J. & Martínez, P. (2011)³¹ en su estudio para la selección, evaluación y reevaluación de proveedores en una empresa del sector productivo y comercial definen sus criterios según el proceso:

- ✓ *Compras*: calidad, cumplimiento , atención y asesoría
- ✓ *Mantenimiento eléctrico y mecánico*: cantidad de servicios, tiempo de entrega y calidad
- ✓ *Mantenimiento de redes y equipos de cómputo*: servicios de valor agregado, tiempo de respuesta y calidad
- ✓ *Metrología*: cumplimiento del valor agregado, tiempo de entrega y calidad
- ✓ *Mantenimiento locativo y obras civiles*: tiempo de respuesta, cumplimiento del valor agregado y calidad
- ✓ *Distribución*: precio, cantidad de servicios, tiempo de entrega y calidad.

Por este mismo tiempo, Rivera, et al. (2011)³² consideran atributos de tipo cuantitativo tales como: *el costo del producto, el costo de entrega y los recursos tecnológicos del proveedor* y cualitativos como: *la flexibilidad de las entregas, calidad del producto y servicio al cliente*; para la selección de proveedores de una empresa comercial y de servicios.

³¹ Castiblanco, J. & Martínez, P. (2011). *Diseño de la planificación, ejecución y control del proceso de selección, evaluación y reevaluación de proveedores para la empresa Duquesa s.a.* (Informe final de investigación para especialización). Universidad EAN, Bogotá D.C.

³² Rivera, D. Isaac, G. & García, J. (2011). *Análisis Multi-Criterio Para la Selección de Proveedores Aplicando la Técnica Topsis*. Presentado en el *Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com*. Vol. 3, No. 1. Juárez, Chihuahua, México.

Medina, F., et al. (2012)³³ basado en La Ley de Contratos del Sector Público (Ley LCSP 30/2007, 2007) (Mellado, 2010) establecen un conjunto de criterios para la contratación de proveedores en la administración pública:

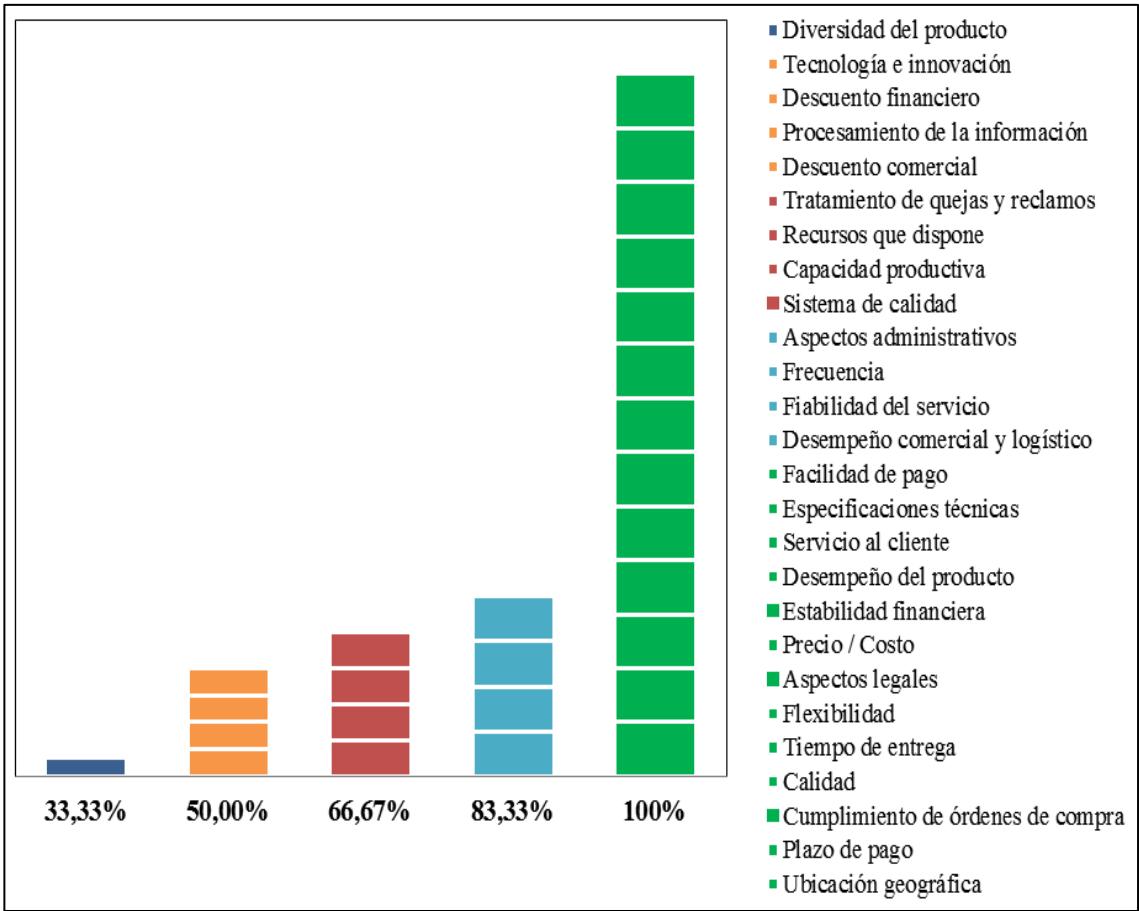
- ✓ *Criterios Legales / Administrativos:* registro del establecimiento proveedor, registro sanitario del producto, estructura organizacional y funcional, alcance de las responsabilidades, certificado de constitución, referencias comerciales y no disponer de incumplimientos legales o tributarios.
- ✓ *Criterios Financieros:* solidez económica, capacidad de inversión, proyecciones económicas, sistema de pagos y descuentos, pólizas de cumplimiento, alcance de responsabilidad financiera y liquidez.
- ✓ *Criterios Técnicos:* sistema de producción y distribución, sistema de calidad (Certificación), capacidad de planta, control de los procesos, capacidad de proceso, documentación de los procesos, garantía de calidad, métodos de inspección y ensayo, servicio técnico, especificaciones de productos o servicios, velocidad de respuesta, solvencia técnica e inversión en I+D (Investigación y desarrollo).

A partir de la información anterior se realizó una matriz de comparación de criterios-autor (Anexo 1), con el fin de definir los factores críticos más representativos y aplicables en el sector servicios, con los que se elaboró un formato (Anexo 2) para ser diligenciado por seis de los miembros del comité de compras donde se seleccionaron los más relevantes; en este caso solo fueron considerados como relevantes los que alcanzaron un porcentaje superior a

³³ Medina, F., Concepción R., Villanueva, J. & Fernández, L. (2012). Aplicación de técnicas de toma de decisión multicriterio discretas al proceso de selección de proveedores sanitarios. Presentado en el XIV *International Congress On Project Engineering*.

50% ya que estos representan la decisión de la mayoría del grupo (criterios seleccionados por 4 o más miembros). En la Figura 6 se observan los resultados obtenidos:

Figura 6.Selección de criterios Comité de compras.



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica representa la cantidad de miembros que estuvo de acuerdo con cada uno los criterios.

El 33,33% evidencia que solo dos miembros consideraron relevante la *diversidad del producto*.

El 50% indica que para la mitad del comité los criterios: *tecnología e innovación, descuento financiero, procesamiento de la información y descuento comercial*, deben ser tenidos en cuenta.

Los siguientes datos son los que definirán cuáles criterios deberán ser considerados para el caso de estudio.

Para el 66,67% del comité, es decir, cuatro miembros, los criterios *tratamiento de quejas y reclamos, recursos que dispone, capacidad productiva y sistema de calidad*, son importantes y no deben ser descartados.

Además, el 83,33% demuestra que los miembros del comité estuvieron de acuerdo con que los criterios, *aspectos administrativos, frecuencia, fiabilidad del servicio y desempeño comercial y logístico*, son necesarios y deben ser considerados.

Por ultimo el 100% de los miembros del comité consideran que factores como: *facilidad de pago, especificaciones técnicas, servicio al cliente, desempeño del producto, estabilidad financiera, precio/costo, aspectos legales, flexibilidad, tiempo de entrega, calidad, cumplimiento de órdenes de compra, plazo de pago y ubicación geográfica*, son indispensables a la hora de decidir que proveedores son aptos para abastecer los insumos del hospital.

Teniendo en cuenta estos resultados, se descartaron como criterios a considerar: *diversidad del producto, tecnología e innovación, procesamiento de la información, descuento comercial y descuento financiero*; reduciendo la cantidad a 21 criterios relevantes. Además, se realizó un análisis de similitud entre estos criterios para agrupar los que fueran semejantes entre sí, con lo cual se logró disminuir el número a 16; por lo tanto los factores críticos (criterios) a tener en cuenta son:

1. Sistema de gestión de calidad.
2. Aspectos administrativos y legales.
3. Capacidad productiva.
4. Estabilidad financiera.
5. Ubicación geográfica.
6. Recursos que dispone.
7. Calidad.
8. Desempeño del producto.
9. Precio / Costo.
10. Plazo y facilidad de pago.
11. Servicio al cliente.
12. Tratamiento de quejas y reclamos.
13. Tiempo y flexibilidad de la entrega.
14. Frecuencia.
15. Cumplimiento de órdenes de compra.
16. Desempeño logístico y comercial.

La definición de cada uno de estos criterios se encuentra contemplada en el Anexo 2.

7. SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA MULTICRITERIO

Partiendo de los capítulos anteriores se ha evidenciado que los métodos de análisis multicriterio sirven como herramienta para la toma de decisiones entre dos o más alternativas de solución. A continuación se presentan estudios realizados en torno a la aplicación de estas herramientas para selección de proveedores, los cuales servirán como base junto con los factores críticos definidos anteriormente, para identificar aquella que más se adapte al caso de estudio.

González, A. & Garza, R. (2003)³⁴ los cuales proponen las técnicas de análisis multicriterio para la selección y evaluación de proveedores, enfocándose en el uso de los métodos ELECTRE y ELECTRE II por considerarlos una forma sencilla y rápida en la generación de un resultado a la organización; a través de la creación de un modelo basado en las preferencias de un conjunto de especialistas con el fin de tomar la mejor decisión, se aplica a una empresa productora de helados para determinar entre cinco proveedores el que más se ajuste a los criterios evaluados.

Por otra parte Toskano, G. (2005)³⁵ aplica la técnica AHP en una empresa comercial para elegir entre tres proveedores de materia prima que difieren entre características, precio y calidad, a través de un aplicativo en software; con el propósito de elegir el que se ajuste

³⁴ González, A. & Garza, R. (2003). Aplicación de las técnicas multicriteriales en la evaluación y selección de proveedores. *Industrial* Vol. XXIV/No 2.

³⁵ Toskano, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* (Monografía). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.

más a las políticas de precio, excelencia y calidad de la empresa. El autor considera esta herramienta poderosa en aquellos problemas en los que no solo intervienen factores cuantitativos sino cualitativos y juicios humanos basados en la experiencia, además de que se puede aplicar en todos los campos donde se presentan este tipo de problemas, permitiendo reunir los juicios de expertos idóneos para evaluar cada criterio de las alternativas, siendo esta una herramienta de integración y de trabajo en equipo.

En el mismo año, Herrera, M. & Vinasco, M. (2005)³⁶ presentan un modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de una empresa de servicios, aplicando AHP Difuso como metodología de toma de decisiones ya que permite elegir a partir de varias alternativas y considerando juicios subjetivos de expertos, el proveedor que cumpla con las características y tomar así la mejor decisión.

Gencer, C. & Gürpınar, D. (2007)³⁷ implementan un modelo de selección de proveedores para una empresa electrónica aplicando ANP, por considerarse una herramienta para la toma de decisiones estratégicas en el mundo real, que permite evaluar los criterios en forma sistemática; para el caso de estudio se definen mediante un grupo de 16 expertos de las disciplinas de compras, producción calidad e ingeniería, 45 criterios enmarcados en tres clúster, con tres alternativas de proveedores.

³⁶ Herrera, M. & Vinasco, M. (2005). *Modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de Coomeva y sus empresas, aplicando AHP Difuso* (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia.

³⁷ Gencer, C. & Gürpınar, D. (2007). Analytic Network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Science Direct Applied Mathematical Modelling* 31 (2007) 2475-2486.

Este mismo año, Hernández, J. & García, M. (2007)³⁸ utilizan el método de matrices de ponderación en la construcción de un modelo para la selección y evaluación de proveedores demostrando ser un método sencillo capaz de arrojar una jerarquización que hace más fácil el proceso de decisión; para esto validaron un caso de estudio hipotético en el cual se consideran cuatro proveedores y una serie de criterios de decisión. Para conformar dicha matriz se escogió un rango de ponderación de 1 a 100, y se asignaron valores a cada proveedor en cada uno de los criterios.

Luego Fory, S. & Villota, D. (2010)³⁹ realizan un análisis comparativo de los modelos AHP y QFD difusos para la selección de proveedores, mediante un caso de estudio extraído de la literatura basado en una empresa peruana dedicada principalmente a la impresión de envolturas flexibles; donde concluyen que a pesar de la diferencia entre los modelos, estos presentan resultados confiables, además sirven para evaluar y elegir proveedores de cualquier tipo de suministro.

García, J. et al. (2010)⁴⁰ proponen una solución haciendo uso del método MOORA para el caso de estudio de una empresa dedicada a la fabricación de partes electromecánicas de control de acción de bolsas de aire, donde el problema consiste en la selección de un proveedor de un componente electrónico que funciona como sensor y que es vital para el

³⁸ Hernández J. & García M. (2007, junio). Matrices De Ponderación para la evaluación de proveedores. Documento presentado en el IV ICSE, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Publicado en CD.

³⁹ Fory, S. & Villota, D. (2010). *Análisis Comparativo de los modelos AHP y QFD difusos para la Selección de Proveedores*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia.

⁴⁰ García, G., Romero, J. & Canales, I. (2010). Selección de proveedores usando el método Moora. *Culcyt*//Septiembre-Diciembre 2010 94 Año 7, No. 40-41.

producto final; para esto se tienen en cuenta cuatro criterios relevantes que permiten evaluar cinco alternativas posibles, donde se busca elegir el proveedor que se ajuste mas y cuya contribución sea mayor que las demás alternativas. Además concluyen que el método empleado tiene ventajas como: menor tiempo de cómputo, simplicidad, cálculos matemáticos requeridos, estabilidad e integración de datos cualitativos y cuantitativos, comparado con métodos como AHP, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE y PROMETHEE.

Osorio, J. et al. (2011)⁴¹ utilizan la metodología de despliegue de la función de calidad difusa (QFD-difuso) en la selección de proveedores para un proceso de certificación con el enfoque de la norma ISO 9001:2000, obteniendo como conclusión que esta herramienta se muestra amigable para el desarrollo de este proceso ya que permite la participación del conocimiento y experiencia de las personas interesadas en éste, lo cual garantiza que la información venga de las fuentes más confiables y su resultado sea el mejor posible.

En este mismo año Rivera, D. et al. (2011)⁴² aplican la técnica TOPSIS para presentar un modelo multicriterio y multiatributo para la selección de proveedores de una empresa comercial y de servicios. Como conclusión se obtuvo que al aplicar la metodología TOPSIS se pudo comprobar que es de gran utilidad para la selección de proveedores ya que integra en su evaluación variables cuantitativas y cualitativas, considerando el modelo apto por el grupo de decisión que lo empleó.

⁴¹ Osorio, J. Arango, D. & Ruales, C. (2011). Selección de proveedores usando el despliegue de la función de calidad difusa. *Revista EIA*. Número 15, p. 73-83. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín-Colombia.

⁴² Rivera, D. Isaac, G. & García, J. (2011). Análisis Multi-Criterio Para la Selección de Proveedores Aplicando la Técnica Topsis. Presentado en el *Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com*. Vol. 3, No. 1. Juárez, Chihuahua, México.

Chen, K. & Wu, W. (2011)⁴³ proponen un modelo para la selección de proveedores de servicios de logística para empresas que planean invertir en el sudeste de Asia, centrándose en la industria electrónica como objeto de investigación; para esto utilizan el método de Proceso Analítico en Red (ANP) y el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), considerando tres proveedores a elegir y cinco dimensiones (costo del servicio, rendimiento del servicio, desempeño de la empresa, tecnología logística y calidad del servicio) con criterios para cada uno de estas.

La metodología AHP es empleada también por Medina, P. et al. (2012)⁴⁴ basada en la estructuración de árboles jerárquicos, objetivos, criterios y alternativas, como fundamentos para apoyar la selección de una plataforma WMS para una empresa mediana dedicada a la fabricación y comercialización de cárnicos en la ciudad de Medellín con el fin de aumentar la eficiencia y satisfacción de las necesidades de los clientes. La empresa cuenta con tres alternativas: un proveedor local, un proveedor internacional o realizar un desarrollo propio que implica contratar personal experto que lo ejecute. Se consideraron cuatro criterios: funcionalidades para planear, apoyar la ejecución y control de las operaciones del CEDI, impacto potencial en aumento de la eficiencia, costo de adquisición del WMS, experiencia y reconocimiento del proveedor del WMS en el mercado. Se concluye como la utilización de métodos de análisis de decisiones basados en modelos cuantitativos y la experiencia de

⁴³ Chen, K. & Wu, W. (2011). Applying analytic network process in logistics service provider selection – a case study of the industry investing in southeast Asia. *International Journal of Electronic Business Management*, Vol. 9, No. 1, pp. 24-36 (2011).

⁴⁴ Medina, P., Cruz, E. & Gómez, R. (2012). Selección de proveedor de WMS utilizando método AHP. *Scientia et Technica* Año XVII, No 52. Diciembre de 2012. Universidad Tecnológica de Pereira.

los decisores como es el caso del AHP, son de gran importancia debido a la complejidad en la selección de las características y alternativas de proveedores en el mercado.

De igual forma, Medina, F. et al. (2012)⁴⁵ realizan una investigación con el propósito de crear un protocolo para la selección de proveedores de productos sanitarios; utilizando el análisis multicriterio para la toma de decisiones, en cuanto a la elección de las alternativas y para la evaluación posterior del proveedor conforme a su actuación, ya que consideran que estos métodos agilizan el proceso de contratación y mejoran la calidad de los servicios. Para la creación de los criterios se rigen por la norma aplicable a la selección de proveedores la cual contempla aspectos técnicos, financieros y legales/administrativos. Este modelo integra los siguientes métodos multicriterio: Método de Ponderación Lineal (Método del Scoring), Proceso Analítico Jerárquico, Despliegue de la Función de Calidad y Modelo de Programación por Metas para seleccionar en función de las metas objetivo.

Shahroudi, K. & Tonekaboni, S.M. (2012)⁴⁶ desarrollaron una metodología para evaluar a los proveedores en el ciclo de la cadena de suministro basado en la técnica TOPSIS proponiendo un método y un procedimiento para extenderla y resolver el problema. Los autores nombran como principales ventajas de la aplicación de esta técnica: la lógica es racional y comprensible, los procesos de cálculo son sencillos, el concepto permite la

⁴⁵ Medina, F., Concepción R., Villanueva, J. & Fernández, L. (2012). Aplicación de técnicas de toma de decisión multicriterio discretas al proceso de selección de proveedores sanitarios. Presentado en el *XIV International Congress On Project Engineering*.

⁴⁶ Shahroudi, K. & Tonekaboni, S.M. (2012). Application of TOPSIS method to supplier selection in Iran auto supply chain. *Journal of Global Strategic Management*, 12-2012, Diciembre. P. 123-131. Islamic Azad University, Iran.

búsqueda de la mejor alternativa representada en simples matemáticas y la importancia de los pesos se incorpora en los procesos de comparación. Para llevar a cabo esto, proponen un caso hipotético de una empresa que requiere seleccionar su proveedor entre cuatro posibles alternativas y centrándose en los criterios: precio, tiempo de realización del proyecto, calidad, cantidad de equipos y distancia.

Singh, R. et al. (2012)⁴⁷ Desarrollaron una metodología para la selección de proveedores en el ciclo de la cadena de suministro en una industria automotriz, con la ayuda de la técnica TOPSIS por ser considerada como un método sencillo y comprensible que permite, seleccionar la alternativa adecuada de acuerdo con la importancia de los diferentes criterios. En este caso tienen en cuenta cuatro posibles proveedores y 10 criterios de evaluación: calidad del material, tiempo de entrega, costo de ordenamiento, precio del producto, estabilidad financiera, plazo de entrega, capacidad técnica, costo de transporte, rechazo de productos defectuosos y facilidades de producción y capacidad.

Por otra parte, en ese mismo año Goztepe, K. & Boran, S. (2012)⁴⁸ aplicaron el proceso de red analítica difuso como método de toma de decisiones, ya que los expertos desean considerar las relaciones entre los criterios y utilizar variables lingüísticas con un intervalo de números en lugar de la escala tradicional de Saaty, debido a que estos toman sus

⁴⁷ Singh, R., Rajput, H., Chaturvedi, V. & Vimal, J. (2012). Supplier selection by technique of order preference by similarity to ideal solution (top-sis) method for automotive industry. *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research (IJATER)*. ISSN NO: 2250-3536 Volume 2, Issue 2, March 2012. P. 157-160.

⁴⁸ Goztepe, K. & Boran, S. (2012). A decision support system for supplier selection using fuzzy analytic network process (Fuzzy ANP) and artificial neural network integration. *Scientific Research and Essays* Vol. 7(43), pp. 3702-3716, 5 Noviembre, 2012.

decisiones en un entorno de incertidumbre o difuso. Para el desarrollo de este modelo se cuenta con un grupo de 12 expertos, los cuales establecieron 13 criterios y 42 subcriterios con el objetivo de elegir entre tres proveedores el más adecuado a las necesidades de la organización.

Además, Sennaroglu, B. & Şen, S. (2012)⁴⁹ aplican el enfoque integrado de AHP y TOPSIS para la selección del proveedor de un insumo para una empresa productora de contactores, cuyo fin es tener relaciones estratégicas con el proveedor elegido para una éxito en la gestión de su cadena de suministro. El problema de decisión consta de cuatro alternativas para ser evaluadas bajo siete macro criterios y 21 subcriterios. Esta integración se propone como una metodología eficiente y eficaz para ser utilizada por los encargados de la toma de decisiones en las cadenas de suministro, en términos de su capacidad para hacer frente a las medidas cualitativas y cuantitativas de rendimiento.

Onder, E. & Dag, D. (2013)⁵⁰ proponen un modelo de análisis para la selección de proveedores de materia prima para una empresa manufacturera de cable aplicando de manera combinada el Proceso Analítico Jerárquico y el método TOPSIS. La empresa cuenta con ocho criterios detectados por el departamento de compras y cuatro alternativas de solución. Como conclusión se obtuvo que las técnicas de decisión multicriterio como los

⁴⁹ Sennaroglu B, & Şen S. Integrated AHP and TOPSIS Approach for Supplier Selection. 2nd International Conference Manufacturing Engineering & Management 2012, (2012), p. 19-22.

⁵⁰ Onder, E. & Dag, D. (2013) Combining Analytical Hierarchy Process and TOPSIS approaches for supplier selection in a cable company. Journal of Business Economics & Finance (2013), Vol. 2 (2).

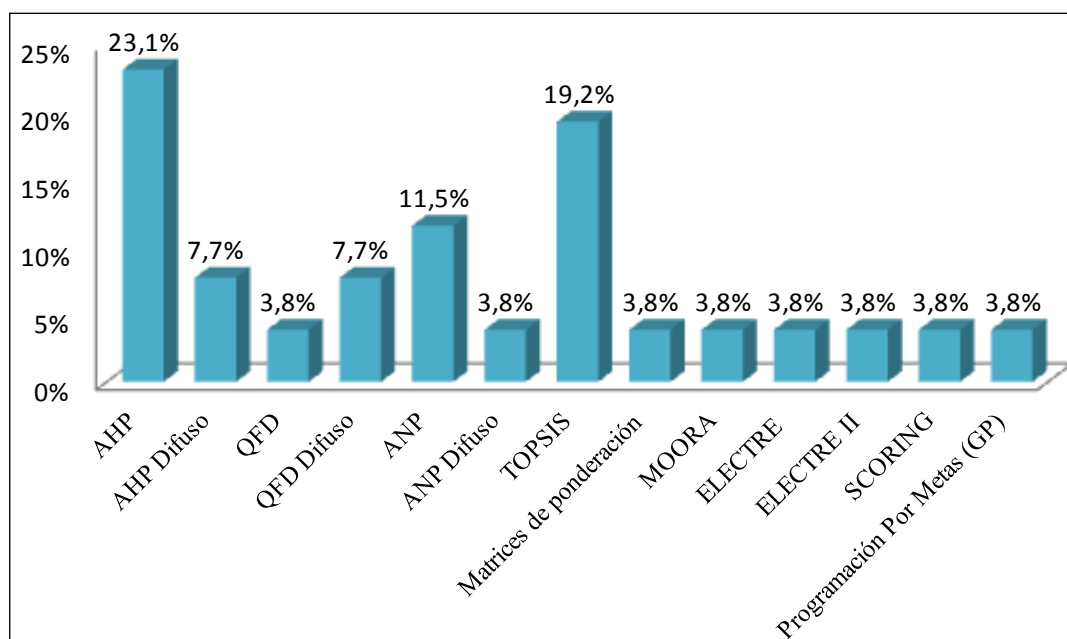
métodos AHP y TOPSIS proporcionan un enfoque útil para la compañía de cable, en la selección del mejor proveedor.

Por otra parte, Eshtehardian, E, et al. (2013)⁵¹ utilizan las herramientas ANP y AHP en la selección de proveedores para la construcción e ingeniería civil en una empresa Iraní; para el caso de estudio se cuenta con una base de tres proveedores y la obtención de los criterios finales se realiza a partir de una investigación con expertos, para medir el efecto de los criterios se realiza una encuesta, utilizando pruebas t-student para la evaluación estadística de los cuestionarios y excluir los criterios ineficientes y la prueba Friedman para priorizarlos y disminuirlos.

Con relación a la información anterior se realizó una matriz de comparación de herramienta-autor (Anexo 3), para determinar los métodos multicriterio más aplicados al proceso de selección de proveedores, de la cual se obtuvo los siguientes resultados:

⁵¹ Eshtehardian, E., Ghodousi, P. & Bejanpour, A. (2013) Using ANP and AHP for the Supplier Selection in the Construction and Civil Engineering Companies; Case Study of Iranian Company. KSCE Journal of Civil Engineering (2013) 17(2):262-270.

Figura 7.Resultado de la matriz de comparación de herramienta-autor.



Fuente: Elaboración propia.

De la figura anterior se evidencia que uno de los métodos más aplicados para la toma de decisiones en torno a selección de proveedores, es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), seguido por la Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud con la Solución Ideal (TOPSIS). A partir de este resultado se realiza una revisión de algunos documentos donde utilizan la combinación de ambos, con el fin de conocer la viabilidad de su aplicación como herramienta para resolver problemas de toma de decisiones multicriterio.

En primera instancia, Nath, D. (2011)⁵² presenta un estudio realizado mediante la aplicación de AHP y TOPSIS para evaluar el desempeño de los profesores de una facultad de ingeniería. Se emplea como grupo de expertos 10 estudiantes que aportan su opinión a

⁵² Nath, D. (2011) Analytic Hierarchy Process & TOPSIS Method to Evaluate Faculty Performance in Engineering Education. *UNIASCIT*, Vol. 1 (2), 2011, 63-70. West Bengal, India.

manera de votación. En particular para este caso se han considerado para evaluar cuatro actuaciones docentes en función de los criterios: conocimiento sujeto, método de enseñanza, habilidades de comunicación, de accesibilidad, de disciplina y de comportamiento, potencia de la explicación y la actitud. Con el modelo propuesto se obtiene el ranking de los cuatro miembros de la facultad para evaluar sus actuaciones.

También, en el mismo año, Real, A. & Maldonado, A. (2011)⁵³ realizan un caso de estudio para la selección de fresadoras CNC aplicando el método TOPSIS, pero usando las ponderaciones de un estudio realizado anteriormente por uno de los autores a empresarios de la industria metalmecánica, mediante el método AHP. La determinación de los atributos fue obtenida a partir de revisión bibliográfica de donde se eligió un total de cinco atributos y 20 subatributos, para el caso, se consideran tres tipos de fresadoras a elegir X, Y y Z. Para los autores, la idea de elegir esta metodología de solución se basa en que esta se ajusta a sus necesidades, ya que permite combinar varios atributos heterogéneos en un índice adimensional único, y teniendo en cuenta que en sus atributos son subjetivos, es decir, no tienen dimensión, esta resulta ser una buena opción.

Además, Al-Maliki, A. et al (2012)⁵⁴ presentan una investigación para elegir entre seis zonas mineras la adecuada para realizar un estudio de contaminación por plomo. Para la

⁵³ Real, A. & Maldonado, A. (2011). Selección de fresadoras con TOPSIS usando ponderaciones de AHP. *CULCyT//Toma de decisiones*. Septiembre-Diciembre, 2011. Año 8, No 45. P. 95-102.

⁵⁴ Al-Maliki1, A., Owens, G., & Bruce, D. (2012) Combining AHP and TOPSIS Approaches to Support Site Selection for a Lead Pollution Study. 2nd International Conference on Environmental and Agriculture Engineering IPCBEE vol.37 (2012). Singapore.

identificación y clasificación de las alternativas aplican una combinación de los métodos AHP y TOPSIS por ser herramientas utilizadas para resolver problemas de toma de decisiones que mediante su combinación apoyan la selección de alguna de las zonas. Además, consideran que la técnica propuesta permite una evaluación cualitativa de la selección del sitio que es remplazada por un método más cuantitativo e imparcial.

De igual forma, Urbano, D. et al. (2013)⁵⁵ realizan una investigación con el fin de presentar un modelo mediante el uso combinado de las herramientas AHP y TOPSIS que permita tomar decisiones sobre la mejor estrategia a elegir en el tratamiento de residuos sólidos.

Manyoma, P. et al. (2013)⁵⁶ proponen una metodología para la selección de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios, basándose en las técnicas multicriterio AHP y TOPSIS, para su implementación se desarrolla un caso de estudio en un centro de salud.

De los estudios anteriores se obtuvo como conclusiones del uso combinado de las herramientas AHP Y TOPSIS lo siguiente:

- Para la solución de problemas multicriterio la aplicación de esta combinación de herramientas resulta ser amigable.

⁵⁵ Urbano, D., Osorio, J. & Manyoma, P. (2013) Selección de sistemas de tratamiento de residuos sólidos residenciales a través de técnicas multicriterio. Presentado en *III Conferencia Internacional de Gestión de Residuos Sólidos*. Brasil.

⁵⁶ Manyoma, P., Pardo, M. & Torres, P (2013) Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios utilizando técnicas multicriterio. *Ing. Univ.* Bogotá, Colombia. 17 (2): 443-461.

- AHP favorece la gran desventaja que presenta TOPSIS en su proceso de normalización para problemas multidimensionales, ya que este vector de pesos obtenido a partir del proceso AHP es útil y fácilmente involucrado en la matriz de decisión de TOPSIS.
- La combinación de estas dos técnicas permite robustecer la toma de decisiones partiendo de las relaciones que se generan por parte de las opiniones de los involucrados entre los criterios y las alternativas.
- Estos modelos son adaptables a diferentes procesos de toma de decisiones.
- Cuando se considera las distancias de las alternativas a la solución el modelo resulta ser más complejo y objetivo.

Con base en los aportes de estos autores se toma la decisión de aplicar la combinación de AHP y TOPSIS para el desarrollo del caso de estudio, considerando las ventajas que ofrece.

8. CASO DE ESTUDIO

8.1. DESCRIPCIÓN

La empresa objeto de estudio es un hospital departamental del Norte del Valle del Cauca que pertenece actualmente al subsector oficial del sistema nacional de salud, catalogado en el nivel 1 y 2 de atención. Su portafolio de servicios se encuentra conformado por:

- Urgencias
- Consulta externa
- Programas de salud
- Hospitalización
- Cirugías programadas, ambulatorias y de urgencia
- Traumatología
- Ginecología y obstetricia
- Cirugía general
- Otorrinolaringología
- Oftalmología
- Dermatología
- Urología
- Laboratorio clínico
- Terapia Respiratoria
- Imágenes rayos X , ecografía, monitoria fetal, electrocardiografía
- Laboratorio de patología
- Programa de vigilancia epidemiológica
- Odontología e higiene oral.

El problema que se plantea en este caso de estudio es la selección de un proveedor de insumos médicos, entendidos éstos como: equipo médico, prótesis, órtesis y ayudas funcionales, agentes de diagnóstico, insumos de uso odontológico, materiales quirúrgicos y

de curación y productos higiénicos; entre un conjunto de tres proveedores que se encuentran en capacidad de abastecer todos los productos, los cuales serán denominados A, B y C, por efectos de confidencialidad, teniendo en cuenta una serie de 16 criterios de decisión. Para el desarrollo de este caso se empleará una combinación de las técnicas multicriterio AHP y TOPSIS.

Se seleccionó como grupo de expertos los miembros pertenecientes al comité de compras, ya que son los que intervienen directamente en el proceso de selección de proveedores, considerando, que estos son los encargados de elegir los posibles candidatos y evaluar su desempeño, autorizar y efectuar las compras y pagos, hacer las cotizaciones, además de decidir a quién, cuándo y cuánto comprar.

La ejecución del modelo se realizó a través de una plantilla en Microsoft Excel®, por ser ésta una herramienta practica y funcional que permite el desarrollo matemático que necesita la técnica, además de facilitar el entendimiento de las operaciones realizadas y sus resultados.

8.2. METODOLOGÍA AHP Y TOPSIS.

Teniendo en cuenta las herramientas seleccionadas, la metodología está compuesta por dos fases. La primera fase consiste en utilizar AHP para el cálculo de los pesos de los criterios y los pesos totales de las alternativas por cada criterio; y para la última fase se aplicará

TOPSIS para evaluar el problema de selección y obtener el resultado sugerido. Al final, se muestra el orden de preferencia de las alternativas y la elección del proveedor adecuado.

8.2.1. Fase 1: Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

Paso 1: Definir el objetivo.

El objetivo del caso de estudio es seleccionar un proveedor de insumos médicos para un hospital del Norte del Valle del Cauca.

Paso 2: Identificar los criterios

Los criterios a considerar se presentan en la Tabla 2 y son los obtenidos en el Capítulo 6.

Factores críticos en la selección de proveedores.

Tabla 2. Criterios de decisión.

CRITERIOS	
C1	Sistema de gestión de calidad
C2	Aspectos administrativos y legales
C3	Capacidad productiva
C4	Estabilidad financiera
C5	Ubicación geográfica
C6	Recursos que dispone
C7	Calidad
C8	Desempeño del producto
C9	Precio / Costo
C10	Plazo y facilidad de pago
C11	Servicio al cliente
C12	Tratamiento de quejas y reclamos
C13	Tiempo y flexibilidad de la entrega
C14	Frecuencia
C15	Cumplimiento de las órdenes de compra
C16	Desempeño logístico y comercial

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3: Elegir las alternativas.

Como se mencionó en la descripción del caso de estudio, las alternativas a evaluar son tres, denominadas como se observa en la Tabla 3, por razones de confidencialidad.

Tabla 3. Alternativas a evaluar.

ALTERNATIVAS	
A	Proveedor 1
B	Proveedor 2
C	Proveedor 3

Fuente: Elaboración propia.

Paso 4: Establecer la jerarquía.

Una jerarquía de AHP tiene al menos tres niveles⁵⁷:

Nivel 1: Ubicado en la parte superior. Allí se define el objetivo principal o meta del problema.

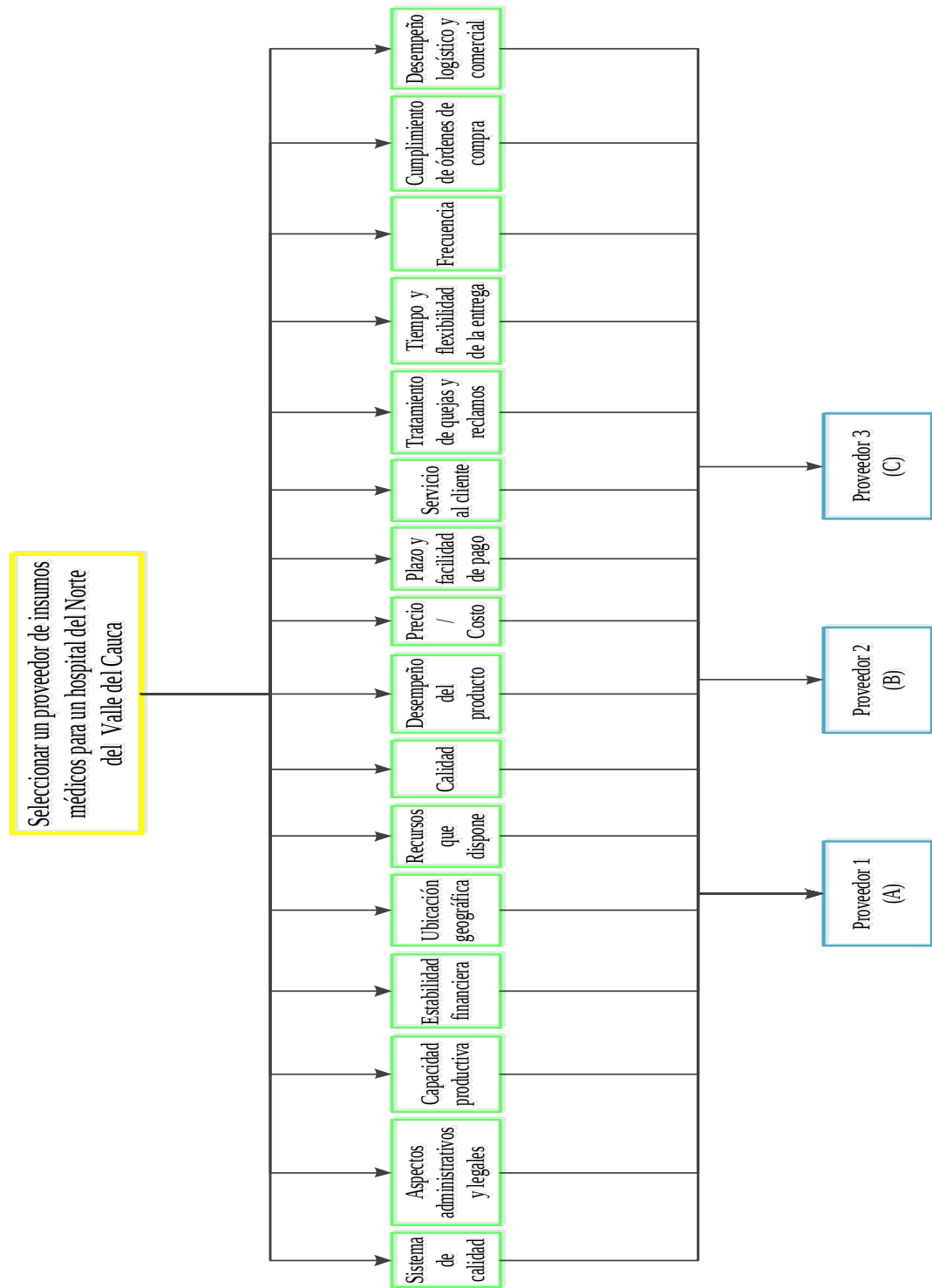
Nivel 2: Ubicado en el medio. Se compone de los múltiples criterios que definen las alternativas.

Nivel 3: Ubicado en la parte inferior. Conformado por las alternativas que compiten.

En el modelo propuesto, la jerarquía AHP para la selección de los proveedores se muestra en la Figura 8.

⁵⁷Nath, D. (2011) Analytic Hierarchy Process & TOPSIS Method to Evaluate Faculty Performance in Engineering Education. *UNIASCIT*, Vol. 1 (2), 2011, 63-70. West Bengal, India.

Figura 8. Jerarquía para la selección del proveedor.



Fuente: Elaboración propia.

Paso 5: Establecer la comparación por pares de los Criterios.

Para construir las matrices de comparación por pares se utilizó la escala de nueve puntos de Satty (Tabla 1.). Los pesos asignados a cada matriz se obtuvieron como resultado del consenso del grupo de expertos, es decir, se asignó a cada recuadro de la matriz el número de Satty con el cual todos estuvieran de acuerdo. La matriz de decisión para el criterio sistema de gestión de calidad es por lo tanto la siguiente:

Tabla 4. Matriz de comparación de las alternativas para el criterio C1

C1	A	B	C
A	1,0000	1,0000	0,1429
B	1,0000	1,0000	0,1429
C	7,0000	7,0000	1,0000

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

B es *igualmente preferido* que A

C es *muy fuertemente preferido* que A

C es *muy fuertemente preferido* que B

Además se obtienen el valor recíproco para cada pareja de comparación.

Paso 6: Calcular la matriz de decisión normalizada.

Para el cálculo de la matriz de decisión normalizada se divide cada término de la matriz de decisión entre la suma de su columna correspondiente. Representado por la siguiente fórmula:

$$X_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_i C_{ij}} \quad (1)$$

Donde:

X_{ij} : valor normalizado para la alternativa i y el criterio j .

C_{ij} : valor de Comparación para la alternativa i y el criterio j .

La matriz normalizada para el criterio Sistema de gestión de calidad es por lo tanto la siguiente:

Tabla 5. Matriz de decisión normalizada de las alternativas para el criterio C1.

C1	A	B	C
A	0,1111	0,1111	0,1111
B	0,1111	0,1111	0,1111
C	0,7778	0,7778	0,7778

Fuente: Elaboración propia

Paso 7: Calcular el vector prioridad.

El vector prioridad se obtiene calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada, para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$W_i = \frac{R_i}{n} (2) \quad \text{dado que} \quad R_i = \sum_j X_{ij} \quad (3)$$

Donde:

W_i : peso para cada alternativa i

R_i : sumatoria de los valores normalizados de la fila de la alternativa i .

n : número de alternativas a evaluar.

El vector prioridad para el criterio Sistema de gestión de calidad es por lo tanto el siguiente:

Tabla 5. Vector prioridad de las alternativas para el criterio C1

C1	
A	0,1111
B	0,1111
C	0,7778

Fuente: Elaboración propia.

Paso 8: Calcular el coeficiente de consistencia

Para el cálculo del coeficiente de consistencia (CC), primero se deben hallar algunos valores, para los cuáles se utilizan las siguientes fórmulas:

$$V_i = A * W_i \quad (4) \quad \lambda_i = \frac{V_i}{W_i} \quad (5) \quad IC = \frac{(\lambda_{Max} - n)}{n-1} \quad (6)$$

Donde:

A: es la matriz de comparación del paso 5.

V_i : es la suma ponderada, de los valores de la fila de la matriz de decisión para la alternativa i, con el peso correspondiente a esa alternativa i.

IC: es el índice de consistencia.

λ_{Max} : es el promedio de los λ_i (5)

Además se necesita conocer el Índice Aleatorio (IA) el cuál puede ser hallado de dos formas:

- ✓ La primera se trata de la tabla que arroja los valores para determinada cantidad de criterios (n). La cuál se muestra a continuación:

Tabla 6. Tabla de Índice aleatorio para $n = (1, \dots, 8)$

n	1 y 2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41

Fuente: Adaptada de Vidal, C. (2012). *Guía metodológica para la priorización de proyectos que contribuyan al mejoramiento de la competitividad de las organizaciones y sus regiones: un enfoque desde proyectos de infraestructura, logística y conectividad*. Documento en imprenta-marzo 21 de 2012-Univalle, PUB, USB, USC.

- ✓ La segunda, la cual se usa para efectos de este caso de estudio, es obtenerlo de la siguiente fórmula⁵⁸:
- $$IA = \frac{1,98*(n-2)}{n} (7)$$

Por último se aplica la fórmula para hallar el Coeficiente de consistencia:

$$CC = \frac{IC}{IA} (8)$$

El Coeficiente de consistencia para el criterio sistema de gestión de calidad se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultado de consistencia de la matriz de alternativas para el criterio C1.

Alternativa	V	λ
A	0,3333	3,0000
B	0,3333	3,0000
C	2,3333	3,0000
λMax		3,0000
IC	IA	CC
0,0000	2,9700	0,0000

Fuente: Elaboración propia

La literatura dice: que sí el CC es menor o igual que el valor permisible de 0,10 la consistencia de la matriz de decisión se encuentra dentro de una tolerancia aceptable. Pero si la relación de consistencia es mayor que 0.10 se dice que la matriz es inconsistente, entonces se debe revisar los juicios subjetivos y repetir el proceso.

⁵⁸ Taha, H. (2004). *Investigación de operaciones* (7ª edición). México. Pearson Educación.

Teniendo en cuenta lo anterior, la matriz de decisión analizada es consistente ya que se encuentra dentro del rango de tolerancia permisible.

Para terminar con la fase 1 y poder continuar con la fase 2, se deben repetir los pasos del 5 al 9 para la matriz de comparación de criterios y para las 15 matrices de comparación restantes de las alternativas por cada criterio.

8.2.2. Fase 2: Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud con la Solución Ideal (TOPSIS).

Para iniciar con la fase 2 es necesario realizar la siguiente matriz teniendo en cuenta la información de la fase anterior, ya que esta será la base para llevar a cabo el siguiente procedimiento.

En la Tabla 8. Se encuentran los pesos asociados al vector prioridad de la matriz de los criterios (Anexo 4) y las matrices para cada alternativa por cada criterio (Anexo 5).

Tabla 8.Matriz de decisión para aplicar TOPSIS.

ALTERNATIVA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A	0,111	0,096	0,750	0,078	0,777	0,600	0,201	0,070	0,193	0,085	0,623	0,244	0,164	0,164	0,074	0,194
B	0,111	0,284	0,125	0,688	0,155	0,200	0,707	0,580	0,083	0,701	0,239	0,671	0,539	0,539	0,643	0,700
C	0,778	0,619	0,125	0,234	0,069	0,200	0,092	0,350	0,724	0,213	0,137	0,085	0,297	0,297	0,283	0,107
Pesos (W)	0,023	0,031	0,031	0,034	0,024	0,020	0,151	0,080	0,122	0,162	0,028	0,053	0,032	0,020	0,083	0,106

Fuente: Elaboración propia.

Paso 1: Construir la matriz de decisión normalizada.

Para la construcción de la matriz normalizada primero se debe elevar al cuadrado cada valor de la matriz base, luego se suman estos valores por cada criterio y se obtiene la raíz a dicha suma; obteniendo los valores que se observan en la siguiente tabla:

Tabla 9. Matriz base para la matriz de decisión normalizada.

ALTERNATIVA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A	0,012	0,009	0,563	0,006	0,603	0,360	0,041	0,005	0,037	0,007	0,388	0,059	0,027	0,027	0,005	0,037
B	0,012	0,081	0,016	0,473	0,024	0,040	0,500	0,337	0,007	0,492	0,057	0,450	0,290	0,290	0,414	0,490
C	0,605	0,384	0,016	0,055	0,005	0,040	0,008	0,122	0,523	0,045	0,019	0,007	0,088	0,088	0,080	0,011
SUMA	0,630	0,474	0,594	0,534	0,632	0,440	0,549	0,464	0,568	0,545	0,465	0,517	0,406	0,406	0,499	0,539
RAIZ	0,793	0,688	0,771	0,731	0,795	0,663	0,741	0,681	0,753	0,738	0,682	0,719	0,637	0,637	0,707	0,734
Pesos (W)	0,023	0,031	0,031	0,034	0,024	0,020	0,151	0,080	0,122	0,162	0,028	0,053	0,032	0,020	0,083	0,106

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso para la normalización consiste en dividir cada valor de la matriz de decisión (Tabla 8) entre la raíz obtenida anteriormente (Tabla 9) representado por la siguiente fórmula:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i x_{ij}^2}} \quad (9)$$

Donde:

r_{ij} : el valor de la alternativa i y el criterio j, normalizado.

x_{ij} : los valores de la matriz de pesos de cada alternativa de acuerdo a cada uno de los criterios (Tabla 8)

La matriz de decisión normalizada obtenida es la siguiente:

Tabla 10.Matriz de decisión normalizada.

ALTERNATIVA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A	0,140	0,140	0,973	0,107	0,977	0,905	0,272	0,103	0,256	0,116	0,914	0,339	0,257	0,257	0,104	0,264
B	0,140	0,413	0,162	0,941	0,195	0,302	0,954	0,852	0,111	0,950	0,351	0,933	0,846	0,846	0,910	0,954
C	0,980	0,900	0,162	0,321	0,086	0,302	0,124	0,513	0,960	0,289	0,201	0,119	0,467	0,467	0,400	0,145
Pesos (W)	0,023	0,031	0,031	0,034	0,024	0,020	0,151	0,080	0,122	0,162	0,028	0,053	0,032	0,020	0,083	0,106

Fuente: Elaboración propia.

Paso 2: Construir la matriz de decisión normalizada ponderada.

Para construir la matriz de decisión normalizada ponderada se debe multiplicar cada valor de la tabla anterior (Tabla 10) por el peso de cada criterio. Representado por la siguiente fórmula:

$$V_{ij} = W_j * r_{ij} \text{ (10)}$$

Donde:

V_{ij} : El valor normalizado ponderado.

W_j : El vector de pesos asociado con los criterios j.

La matriz normalizada obtenida es la siguiente:

Tabla 11.Matriz de decisión normalizada ponderada.

ALTERNATIVA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A	0,003	0,004	0,030	0,004	0,023	0,018	0,041	0,008	0,031	0,019	0,026	0,018	0,008	0,005	0,009	0,028
B	0,003	0,013	0,005	0,032	0,005	0,006	0,144	0,068	0,014	0,154	0,010	0,049	0,027	0,017	0,076	0,101
C	0,022	0,028	0,005	0,011	0,002	0,006	0,019	0,041	0,117	0,047	0,006	0,006	0,015	0,010	0,033	0,015

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3. Determinar la solución ideal positiva y negativa.

Para determinar las soluciones ideales se debe tener en cuenta los valores de la Tabla 12. La solución ideal positiva será el mayor valor asociado a cada criterio, por el contrario, la solución ideal negativa será el menor. Entonces:

$$A^+ = \{V_1^+, \dots, V_n^+\} = \{(Max_i V_{ij}, j \in J)(Min_i V_{ij} \in J')\}$$

$$A^- = \{V_1^-, \dots, V_n^-\} = \{(Max_i V_{ij}, j \in J)(Min_i V_{ij} \in J')\}$$

Donde:

A^+ : Conjunto de valores de la solución ideal positiva.

V_n^+ : Valor ideal positivo.

A^- : Conjunto de valores de la solución ideal negativa.

V_n^- : Valor ideal negativo.

J: conjunto asociado con los criterios de beneficio.

J': conjunto asociado con los criterios de costo.

Los valores asociados a las soluciones ideales positiva y negativa son:

Tabla 12. Valores de la solución ideal positiva (A^+) y negativa (A^-) para cada criterio.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A^+	0,022	0,028	0,030	0,032	0,023	0,018	0,144	0,068	0,117	0,154	0,026	0,049	0,027	0,017	0,076	0,101
A^-	0,003	0,004	0,005	0,004	0,002	0,006	0,019	0,008	0,014	0,019	0,006	0,006	0,008	0,005	0,009	0,015

Fuente: Elaboración propia.

Paso 4. Calcular D^ (distancia entre cada una de las alternativas y las soluciones ideales).*

Para el cálculo de la distancia entre las alternativas y las soluciones ideales positivas (A^+) e ideales negativas (A^-) se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (11)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (12)$$

Donde:

D_i^+ : Medida de la distancia a la solución ideal positiva.

D_i^- : Medida de la distancia a la solución ideal negativa.

V_j^+ : Valor ideal positivo asociado al criterio j.

V_j^- : Valor ideal negativo asociado al criterio j.

Los valores de las distancias de cada criterio se observan en la Tabla 13 y 14.

Tabla 13.Distancias de cada criterio a la solución ideal positiva D^+

ALTERNATIVA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	SUMA	D^+
A	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,011	0,004	0,007	0,018	0,000	0,001	0,000	0,000	0,004	0,005	0,053	0,230
B	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,113
C	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,016	0,001	0,000	0,011	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,007	0,041	0,203

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14.Distancias de cada criterio a la solución ideal negativa D^-

ALTERNATIVA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	SUMA	D^-
A	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,052
B	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,016	0,004	0,000	0,018	0,000	0,002	0,000	0,000	0,004	0,007	0,053	0,230
C	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,011	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,014	0,120

Fuente: Elaboración propia.

Paso 5. Calcular la proximidad de las alternativas con respecto a la solución ideal y asignar a cada una un valor de prioridad.

Para el cálculo de la proximidad que tienen las alternativas con la solución ideal se utiliza la siguiente fórmula:

$$C^* = \frac{D^-}{D^+ + D^-} ; 0 < C_i^* < 1 \quad (13)$$

Donde:

C^* : la proximidad de las alternativas con respecto a la solución ideal.

Después de obtener el valor de C^* para cada una de las alternativas se procede a ordenarlas dependiendo de su prioridad.

En la Tabla 15 se observan los valores de proximidad obtenidos para cada alternativa y la prioridad de cada una de ellas.

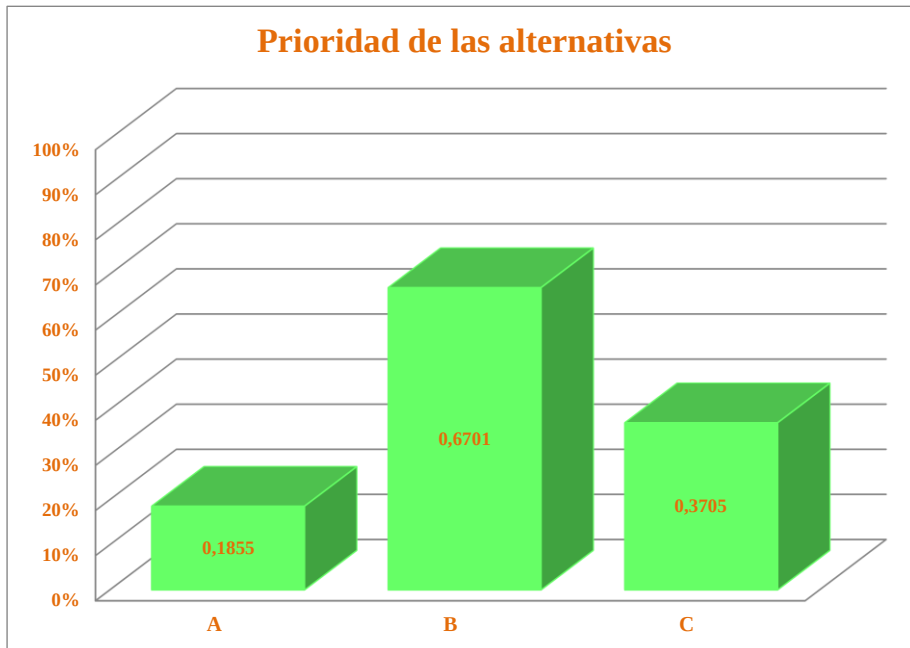
Tabla 15. Resultados y priorización de las alternativas.

ALTERNATIVA	RESULTADO	PRIORIDAD
A	0,1855	3
B	0,6701	1
C	0,3705	2

Fuente: Elaboración propia.

8.3.RESULTADOS OBTENIDOS.

Figura 9. Gráfica de la prioridad de las alternativas.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 9, la cual representa los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología, se evidencia que la alternativa adecuada o sugerida, es decir, la que más se ajusta a los criterios considerados en el caso de estudio, es la opción B con un valor de 0,6701 de preferencia (opción que se encuentra a mayor proximidad de la solución ideal positiva A^+ y más lejos de la solución ideal negativa A^-); por lo tanto, se sugiere al hospital seleccionar el proveedor B como el encargado de suministrar los insumos médicos que requiere. Como segunda opción se sugiere seleccionar la alternativa C ya que obtuvo un resultado de 0,3705 respecto a las demás opciones. Por otra parte, la alternativa menos favorable es el proveedor A con 0,1855.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se evidencia como la selección de proveedores es un proceso clave dentro de la administración de la cadena de abastecimiento para lograr un mejor desempeño en el mercado, garantizando de esta manera insumos y recursos acordes con las necesidades de la organización; en este proceso intervienen factores cualitativos y cuantitativos, además de varias alternativas de solución, los cuales convierten estas decisiones en problemas de análisis multicriterio. A través de revisión bibliográfica se evidencia que las técnicas multicriterio son ampliamente utilizadas para apoyar la toma de decisiones de este tipo, permitiendo elegir uno o varios proveedores que de acuerdo a unos criterios de evaluación son definidos como los más adecuados.

Para este caso de estudio se logró conjugar los juicios subjetivos del grupo de expertos (comité de compras) para los criterios y las alternativas, con la metodología aplicada (Combinación AHP – TOPSIS), lo que permitió ofrecer una solución al hospital acorde a sus necesidades específicas reales y las de sus clientes, y mejorar de esta manera la gestión de aprovisionamiento.

Con el fin de complementar el análisis de los resultados obtenidos en el caso de estudio, se realizó el procesamiento de los datos empleando solo la técnica AHP, con lo cual se llegó a lo siguiente:

Tabla 16. Comparación de resultados AHP vs AHP-TOPSIS.

AHP			AHP-TOPSIS		
ALTERNATIVA	RESULTADO	PRIORIDAD	ALTERNATIVA	RESULTADO	PRIORIDAD
A	20,11%	3	A	18,55%	3
B	52,13%	1	B	67,01%	1
C	27,76%	2	C	37,05%	2

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados obtenidos con ambas metodologías se evidencia que la decisión y el orden de prioridades es el mismo, aunque los valores presenten ciertas variaciones.

El modelo de decisión multicriterio empleado puede ser utilizado no solo para la selección de proveedores sino también en cualquier campo donde se requiera tomar decisiones, en el que intervengan varios factores de decisión tanto cualitativos como cuantitativos y diferentes alternativas de solución. Además, se presenta como una herramienta amigable que puede ser realizada en hojas de cálculo y que no requiere de mucho tiempo computacional para ser llevada a cabo.

Al emplear este tipo de metodologías, se tiene como ventajas:

1. Incluir las decisiones de los expertos y la subjetividad de estos con base en sus conocimientos y experiencia, hace que el modelo contribuya a tomar una decisión adecuada.
2. La adaptabilidad que tienen estos modelos en procesos de toma de decisiones.

3. En las evaluaciones en que se consideran las distancias de las alternativas a la solución el modelo resulta ser más completo y objetivo.

Considerando la importancia que tiene para la empresa objeto de estudio contar con los proveedores adecuados se recomienda, ya que se tiene la herramienta para selección, desarrollar un modelo que permita evaluar a los proveedores elegidos y de esta manera garantizar que estos tengan un buen desempeño.

Dado la incertidumbre que se presenta por parte de los juicios emitidos por los expertos respecto al valor dado a los criterios entre si y las alternativas con criterios, es recomendable considerar el uso de la lógica difusa en compañía de la metodología AHP para reducirlas.

Finalmente, en los criterios establecidos para la selección de proveedores se puede presentar dependencia entre ellos, por lo cual se recomienda, utilizar en futuros estudios el uso de la herramienta ANP, ya que ésta contempla este aspecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Maliki¹, A., Owens, G., & Bruce, D. (2012). Combining AHP and TOPSIS Approaches to Support Site Selection for a Lead Pollution Study. 2nd International Conference on Environmental and Agriculture Engineering IPCBEE vol.37 (2012). Singapore.

Análisis multicriterio. Recuperado de http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/tools/too_cri_def_es.htm.

Arancibia, S. & Contreras, E. (2006). *Evaluación Multicriterio, Aplicaciones al ámbito público*. Santiago: CEPAL.

Arango, D. & Ruales C. (2008). *Formulación de un modelo para la certificación de proveedores en la empresa Drypers Andina S.A.* (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Así es la crisis que viven clínicas y hospitales del país. Revista Semana. (2011). Recuperado de <http://www.semana.com/nacion/articulo/asi-crisis-viven-clinicas-hospitales-del-pais/242557-3>.

Aznar, J., Ferrís, J. & Guijarro, F. (2010). La valoración de inmuebles urbanos mediante el proceso analítico en red. *Revista de estudios regionales* nº 87, PP. 45-70. Universidad Politécnica de Valencia.

- Benvenuto, R. (2008). *Diseño de un proceso basado en la metodología del QFD para el desarrollo de productos en una empresa de asistencias internacionales*. (Proyecto profesional). Universidad Peruana de ciencias aplicadas. Lima- Perú.
- Bernhard, W., Harald, V., Manfred J. (2005). Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. Department of Forest and Soil Sciences, Institute of Silviculture, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, *Peter-Jordanstr.* 82, A-1190 Vienna, Austria.
- Büyükyazici, M. & Sucu, M. (2003). The analytic hierarchy and analytic network processes. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*. Volume 32, 65-73.
- Castiblanco, J. & Martínez, P. (2011). *Diseño de la planificación, ejecución y control del proceso de selección, evaluación y reevaluación de proveedores para la empresa Duquesa s.a.* (Informe final de investigación para especialización). Universidad EAN, Bogotá D.C.
- Chen, K. & Wu, W. (2011). Applying analytic network process in logistics service provider selection – a case study of the industry investing in southeast Asia. *International Journal of Electronic Business Management*, Vol. 9, No. 1, pp. 24-36 (2011).

- Díaz, P. & García, M. (2008, Julio). Selección del refrigerante alternativo aplicando las Técnica AHP y ANP. Ponencia presentada en *12th International Conference on Project Engineering*. Zaragoza, España.
- Durán, O. & Aguiló, J. (2006). Selección de máquinas de control numérico usando Fuzzy AHP. *Espacios*. Vol. 27 (1) 2006. Pág. 17.
- E.S.E. Hospital del sur de Itagüí “Gabriel Jaramillo Piedrahita”. (2007). *Manual de proveedores de bienes e insumos*. Itagüí, Colombia.
- Eshtehardian, E., Ghodousi, P. & Bejanpour, A. (2013). Using ANP and AHP for the supplier selection in the construction and civil engineering companies; Case study of Iranian company. *KSCE Journal of civil engineering* (2013) 17(2):262-270.
- Fory, S. & Villota, D. (2010). *Análisis Comparativo de los modelos AHP y QFD difusos para la Selección de Proveedores*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- García, J., Noriega, S., Díaz, J. & Riva, J. (2006). Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de tecnología agrícola. *Agronomía Costarricense* 30 (1), 107–114.

- García, M. (2009). *Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y “Soft Computing”*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Colombia.
- García, G., Romero, J. & Canales, I. (2010). Selección de proveedores usando el método Moora. *Culcyt*//Septiembre-Diciembre 2010 94 Año 7, No. 40-41.
- Gencer, C. & Gürpınar, D. (2007). Analytic Network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Science Direct Applied Mathematical Modelling* 31 (2007) 2475-2486.
- González, A. & Garza, R. (2003). Aplicación de las técnicas multicriteriales en la evaluación y selección de proveedores. *Industrial* Vol. XXIV/No 2.
- Goztepe, K. & Boran, S. (2012). A decision support system for supplier selection using fuzzy analytic network process (Fuzzy ANP) and artificial neural network integration. *Scientific Research and Essays* Vol. 7(43), pp. 3702-3716, 5 Noviembre, 2012.
- Hernández J. & García M. (2007, Junio). Matrices De Ponderación para la evaluación de proveedores. Documento presentado en el *IV ICSE*, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Publicado en CD.

Herrera, M. & Vinasco, M. (2005). *Modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de Coomeva y sus empresas, aplicando AHP Difuso* (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Jiménez, V. (2012). Aplicación de metodología multicriterio para la priorización de los procesos objeto de costeo en entidades del sector de la salud. *Libre Empresa* Vol. 9 No. 1. 99-123.

La calidad de la salud en el mundo es responsabilidad de todos (2009). Wharton Universia
Recuperado en
<http://www.wharton.universia.net/index.cfm?fa=viewArticle&ID=1804>

Lee, A, Chang, H & Lin, CH. (2009). Evaluation model of buyer–supplier relationships in high-tech industry — the case of an electronic components manufacturer in Taiwan. *Sciencedirect*.

Macías, C. (2005). Modulo 5. Gestión de los proveedores. Instituto de hematología e inmunología. Ministerio de salud pública. Ciudad Habana.

Manyoma, P., Pardo, M. & Torres, P (2013). Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios utilizando técnicas multicriterio. *Ing. Univ.* Bogotá, Colombia. 17 (2): 443-461.

- Martínez, E. (2007). Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*.XL (2007) 523-542.
- Medina, F., Concepción R., Villanueva, J. & Fernández, L. (2012). Aplicación de técnicas de toma de decisión multicriterio discretas al proceso de selección de proveedores sanitarios. Presentado en el *XIV International Congress On Project Engineering*.
- Medina, P., Cruz, E. & Gómez, R. (2012). Selección de proveedor de WMS utilizando método AHP. *Scientia et Technica* Año XVII, No 52. Diciembre de 2012. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Nath, D. (2011). Analytic Hierarchy Process & TOPSIS method to evaluate faculty performance in engineering education. *UNIASCIT*, Vol. 1 (2), 2011, 63-70. West Bengal, India.
- Olaya, E; Cortés, C. & Duarte, O. (2005). Despliegue de la función calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctrica de mano. *Redalyc.org, Ingeniería e Investigación*. Vol. 25, No. 1, abril, pp. 30-38, Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

- Olaya, E. & Duarte, O. (2012). Identificación de capacidades de una organización para el desarrollo de proyectos sensibles al riesgo mediante el despliegue de función calidad apoyado con técnicas difusas. *Revista Ciencias Estratégicas*. Vol. 20 - No. 28. Medellin, Colombia.
- Onder, E. & Dag, D. (2013). Combining Analytical Hierarchy Process and TOPSIS approaches for supplier selection in a cable company. *Journal of business economics & finance* (2013), Vol. 2 (2).
- Osorio, J. & Orejuela, J. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et Technica* Año XIV, No 39, Universidad Tecnológica de Pereira.
- Osorio, J. Arango, D. & Ruales, C. (2011). Selección de proveedores usando el despliegue de la función de calidad difusa. *Revista EIA*. Número 15, p. 73-83. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín-Colombia.
- Pacheco, J. & Contreras, E. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) Santiago de Chile.

- Pérez, C. & Bedoya, M. (2013). *Modelo para la priorización de despacho uniprodueto usando AHP difuso*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Guadalajara de Buga, Colombia.
- Ponce, D. (2012). *Efectividad de la logística del transporte aéreo de mercancías: una aproximación multicriterio basada en el Proceso Analítico Sistemico (ANP)*. (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.
- Real, A. & Maldonado, A. (2011). Selección de fresadoras con TOPSIS usando ponderaciones de AHP. *CULCyT//Toma de decisiones*. Septiembre-Diciembre, 2011. Año 8, No 45. P. 95-102.
- Rivera, D. Isaac, G. & García, J. (2011). Análisis multi-criterio para la selección de proveedores aplicando la técnica TOPSIS. Presentado en el *congreso internacional de investigación de AcademiaJournals.com*. Vol. 3, No. 1. Juárez, Chihuahua, México.
- Saaty, T. (1999). *Fundamentals of the analytic network process*. University of Pittsburgh. USA.
- Saaty, T. (2001). *The Analytic Network Process*. University of Pittsburgh. USA.
- Sanguesa, M., Dueñas, R. & Ilzarbe, L. (2006). *Teoría y práctica de la calidad*. Ediciones Paraninfo, S.A.

- Sarache, W., Hoyos, C., & Burbano, J. (2004). Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio. *Scientia et Technica* Año X, No 24, 219-224.
- Sarache, W., Castrillón, O., & Ortiz, L. (2009). Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte. *Cuad. Adm.* 22 (38): 145-167. Universidad Nacional de Colombia.
- Sennaroglu B, & Şen S. (2012). Integrated AHP and TOPSIS approach for supplier selection. *2nd International conference manufacturing engineering & management* 2012, p. 19-22.
- Shahrودي, K. & Tonekaboni, S.M. (2012). Application of TOPSIS method to supplier selection in Iran auto supply chain. *Journal of Global Strategic Management*, 12-2012, Diciembre. P. 123-131. Islamic Azad University, Iran.
- Singh, R., Rajput, H., Chaturvedi, V. & Vimal, J. (2012). Supplier selection by technique of order preference by similarity to ideal solution (top-sis) method for automotive industry. *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research (IJATER)*. ISSN NO: 2250-3536 Volume 2, Issue 2, Marzo 2012. P. 157-160.
- Taha, H. (2004). *Investigación de operaciones* (7ª edición). México. Pearson Educación.

Toskano, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* (Monografía). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.

Urbano, D., Osorio, J. & Manyoma, P. (2013). Selección de sistemas de tratamiento de residuos sólidos residenciales a través de técnicas multicriterio. Presentado en *III Conferencia internacional de gestión de residuos sólidos*. Brasil.

Vidal, C., Bravo, J., Cajiao, E., Meza, P., Arango, S., Franco, D. & Calderón, J. (2012). *Guía metodológica para la priorización de proyectos que contribuyan al mejoramiento de la competitividad de las organizaciones y sus regiones: un enfoque desde proyectos de infraestructura, logística y conectividad*. Documento en imprenta-marzo 21 de 2012-Univalle, PUB, USB, USC.

Yacuzzi, E. & Martín F. (2003). QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de comparación de criterios-autor.

La Tabla 17 muestra la información obtenida luego de realizar la revisión bibliográfica de las diversas investigaciones en torno a los criterios de selección de proveedores.

Tabla 17. Matriz de comparación de criterios-autor.

CRITERIO	Sarache, et al (2004)	Herrera, M. & Vinasco, M. (2005)	Toskano, G. (2005)	Macías, C. (2005)	Hernandez, J. & García, M. (2007)	Manual, E.S.S. Hospital "Gabriel Jaramillo Piedrahita" (2007)
Calidad	X		X	X	X	X
Fiabilidad del servicio	X		X	X		
Ubicación geográfica	X	X				
Flexibilidad	X				X	
% participación en las ventas	X					
Estabilidad financiera		X				
Aspectos administrativos		X				
Habilidad técnica		X				
Recurso de soporte		X				
Sistema de calidad		X				X
Desempeño del producto		X				
Servicio al cliente		X			X	X
Precio / Costo		X	X	X	X	X
Descuento financiero		X				
Descuento comercial		X				
Plazo de pago		X				
Tiempo de entrega			X	X		X
Facilidad de pago			X			
Control de calidad					X	
Diversidad del producto					X	
Recursos ue dispone					X	
Niveles de inventarios					X	
Frecuencia					X	
Capacidad de los vehículos					X	
Tecnología e innovación					X	
Capacidad productiva					X	
Nivel de comunicaciones					X	
Desempeño comercial y logístico						
Tratamiento de quejas y reclamos					X	
I+D						
Procesamiento de la información						
Especificaciones técnicas						
Aspectos legales						
Referencias comerciales						
Polizas de cumplimiento						
Sistemas de producción y distribución						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. (Continuación).

CRITERIO	Arango, D. & Ruales C. (2008)	Castiblanco, J. & Martínez, P. (2011)	Rivera, D. et al (2011)	García, J. et al (2010)	Medina, F. et al (2012)
Calidad		X	X		
Fiabilidad del servicio	X	X			
Ubicación geográfica	X				
Flexibilidad			X		
% participación en las ventas					
Estabilidad financiera	X				X
Aspectos administrativos	X			X	X
Habilidad técnica					X
Recurso de soporte					
Sistema de calidad	X				X
Desempeño del producto					
Servicio al cliente	X	X	X	X	X
Precio / Costo	X	X	X	X	
Descuento financiero					X
Descuento comercial					
Plazo de pago					X
Tiempo de entrega	X	X			
Facilidad de pago					X
Control de calidad					X
Diversidad del producto					
Recursos ue dispone					
Niveles de inventarios					
Frecuencia					
Capacidad de los vehículos					
Tecnología e innovación			X	X	
Capacidad productiva	X				X
Nivel de comunicaciones					
Desempeño comercial y logístico	X				
Tratamiento de quejas y reclamos	X				
I+D	X				X
Procesamiento de la información	X				
Especificaciones técnicas	X				X
Aspectos legales					X
Referencias comerciales					X
Polizas de cumplimiento					X
Sistemas de producción y distribución					X

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Formato de selección de criterios.

La Tabla 18 muestra el formato a ser diligenciado por los miembros del comité de compras para seleccionar los criterios más relevantes.

Tabla 18.Formato selección criterios.

FORMATO DE SELECCIÓN DE CRITERIOS	
<i>Marque con una (X) los criterios que considera relevantes a la hora de seleccionar un proveedor de insumos para una entidad del sector salud como en la que usted labora</i>	
Calidad: cumplimiento de las especificaciones del producto o servicio.	
Sistema de calidad: preferencia a proveedores certificados bajo la norma ISO 9001 expedida por un órgano de certificación autorizado o que demuestren su habilidad para establecer, documentar e implementar un sistema de gestión de calidad efectivo.	
Aspectos administrativos: incluye lo correspondiente a estructura organizacional y funcional, alcance de las responsabilidades, referencias comerciales, entre otros.	
Aspectos legales: incluye lo correspondiente a registro del establecimiento proveedor, registro sanitario del producto, certificado de constitución, entre otros.	
Estabilidad financiera: debe demostrar que es capaz de afrontar el contrato, además de que tiene la capacidad para mantenerse en condiciones financieras favorables en los negocios durante un periodo determinado.	
Ubicación geográfica: teniendo en cuenta que esto puede influir en los tiempos de entrega, costo en fletes - seguros y documentación legal.	
Especificaciones técnicas: asegurar que el producto proporcionado cumple con todas las especificaciones de materiales incluidas en el plano del producto y/u orden de compra.	
Desempeño del producto: respecto a las características funcionales y la medida de la utilidad del insumo que se desea adquirir.	
Diversidad del producto: está referido a la gama de productos que ofrece que sean afines al producto que se está evaluando.	
Precio / Costo: se busca que tenga un comportamiento estable en relación con la fluctuación del precio de los productos ofrecidos. Así mismo busca que los precios manejados sean competitivos según el mercado.	
Descuento financiero: descuentos por fechas cercanas a pagos (pago anticipado al plazo).	
Descuento comercial: descuentos por cantidades compradas.	
Plazo de pago: tiempos de pago periódicos y a largo plazo.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. (Continuación).

Facilidad de pago: incluyen el plazo o plazos, las garantías, el tipo de documento que soporta la deuda, la existencia o no de intereses, fechas fijas de pago, y cualquier otra condición que se acuerde.	
Servicio al cliente: se tiene en cuenta el soporte comercial, técnico y logístico que el proveedor pueda suministrar.	
Fiabilidad del servicio: habilidad para ejecutar el servicio prometido de forma fiable y cuidadosa; que ofrece seguridad y buenos resultados.	
Tiempo de entrega: evalúa si la capacidad logística con que cuentan les permite cumplir las exigencias de la compañía referentes al producto suministrado.	
Flexibilidad: evalúa lo flexible, en lo que a las entregas se refiere, que puede ser el proveedor ante cualquier necesidad que se tenga.	
Frecuencia: la frecuencia de despacho habitual o que ofrece, es acorde con las necesidades que se tienen.	
Recursos que dispone: recursos de los que dispone la entidad para la realización de sus productos, maquinaria, personal calificado, entre otros.	
Capacidad productiva: qué tanto puede satisfacer su demanda en cuanto al material requerido.	
Desempeño comercial y logístico: un proveedor que sea rentable para la compañía, en términos de descuentos y plazos de pago; además se evalúa la flexibilidad y capacidad de su cadena de abastecimiento.	
Tecnología e innovación: inversión del proveedor en Investigación y Desarrollo dado que esta características posibilitará mejores productos con una mayor calidad a un precio competitivo de mercado.	
Procesamiento de la información: contar con un sistema de manejo de la información confiable que permita visualizar el estado de cumplimiento de las órdenes de compra, remisiones y sistema de inventario.	
Cumplimiento de órdenes de compra: garantizar el cumplimiento de éstas en relación a las especificaciones técnicas y a la cantidad solicitada.	
Tratamiento de quejas y reclamos: desarrollo de estrategias efectivas para resolver quejas y/ o inquietudes, investigar sus causas y por ende mejorar el servicio prestado a la empresa cada vez mas.	
Otros:	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Matriz de comparación de herramienta-autor.

La Tabla 19 muestra la información que se obtuvo luego de realizar la revisión bibliográfica de las diversas investigaciones en torno a las herramientas multicriterio aplicadas en el proceso de selección de proveedores.

Tabla 19. Matriz de comparación de herramienta-autor.

AUTOR(ES)	AHP	AHP Difuso	QFD	QFD Difuso	ANP	ANP Difuso	TOPSIS	Matrices de ponderación
González, A. & Garza, R. (2003)								
Toskano G. (2005)	X							
Herrera, M. & Vinasco, M. (2005)		X						
Gencer, C. & Gürpınar, D. (2007)					X			
Hernandez, J. & García, M. (2007)								X
Fory, S. & Villota, D. (2010)		X		X				
García, J. et al. (2010)								
Osorio, J. et al. (2011)				X				
Rivera, D. et al. (2011)							X	
Chen, K. & Wu, W. (2011)					X			
Medina, P. et al. (2012)	X							
Medina, F. et al. (2012)	X		X					
Shahrudi, K. & Tonekaboni, S.M. (2012)							X	
Eshtehardian, E. et al. (2012)	X				X			
Singh, R. et al. (2012)							X	
Goztepe, K. & Boran, S. (2012)						X		
Sinnaroglu, B. & Şen, S. (2012)	X						X	
Onder, E. & Dag, S. (2013)	X						X	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. (Continuación).

AUTOR(ES)	MOORA	ELECTRE	ELECTRE II	SCORING	Programación Por Metas (GP)
González, A. & Garza, R. (2003)		X	X		
Toskano G. (2005)					
Herrera, M. & Vinasco, M. (2005)					
Gencer, C. & Gürpınar, D. (2007)					
Hernandez, J. & García, M. (2007)					
Fory, S. & Villota, D. (2010)					
García, J. et al. (2010)	X				
Osorio, J. et al. (2011)					
Rivera, D. et al. (2011)					
Chen, K. & Wu, W. (2011)					
Medina, P. et al. (2012)					
Medina, F. et al. (2012)				X	X
Shahroudi, K. & Tonekaboni, S.M. (2012)					
Eshtehardian, E. et al. (2012)					
Singh, R. et al. (2012)					
Goztepe, K. & Boran, S. (2012)					
Sinnaroglu, B. & Şen, S. (2012)					
Onder, E. & Dag, S. (2013)					

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Vector prioridad de la matriz de los criterios.

La Tabla 20 muestra el vector prioridad que se obtuvo de la matriz normalizada de los criterios.

Tabla 20. Vector prioridad de la matriz de los criterios.

Vector prioridad de los criterios	
C1	0,0226
C2	0,0308
C3	0,0308
C4	0,0343
C5	0,0240
C6	0,0204
C7	0,1513
C8	0,0798
C9	0,1223
C10	0,1617
C11	0,0280
C12	0,0528
C13	0,0316
C14	0,0205
C15	0,0830
C16	0,1062
SUMA	1,0000

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Vector prioridad de la matriz de las alternativas para cada criterio.

La Tabla 21 muestra los vectores prioridad que fueron obtenidos de las matrices normalizadas de las alternativas para cada criterio.

Tabla 21. Vectores prioridad de las matrices de las alternativas para cada criterio.

Vector prioridad para las alternativas por cada criterio							
C1		C5		C9		C13	
A	0,1111	A	0,7766	A	0,1932	A	0,1638
B	0,1111	B	0,1549	B	0,0833	B	0,5390
C	0,7778	C	0,0685	C	0,7235	C	0,2973
Suma	1,0000	suma	1,0000	suma	1,0000	suma	1,0000
C2		C6		C10		C14	
A	0,0964	A	0,6000	A	0,0853	A	0,1638
B	0,2842	B	0,2000	B	0,7014	B	0,5390
C	0,6194	C	0,2000	C	0,2132	C	0,2973
Suma	1,0000	suma	1,0000	suma	1,0000	suma	1,0000
C3		C7		C11		C15	
A	0,7500	A	0,2014	A	0,6232	A	0,0738
B	0,1250	B	0,7071	B	0,2395	B	0,6434
C	0,1250	C	0,0915	C	0,1373	C	0,2828
suma	1,0000	suma	1,0000	suma	1,0000	suma	1,0000
C4		C8		C12		C16	
A	0,0778	A	0,0703	A	0,2435	A	0,1935
B	0,6877	B	0,5801	B	0,6711	B	0,6999
C	0,2344	C	0,3496	C	0,0854	C	0,1066
suma	1,0000	suma	1,0000	suma	1,0000	suma	1,0000

Fuente: Elaboración propia.