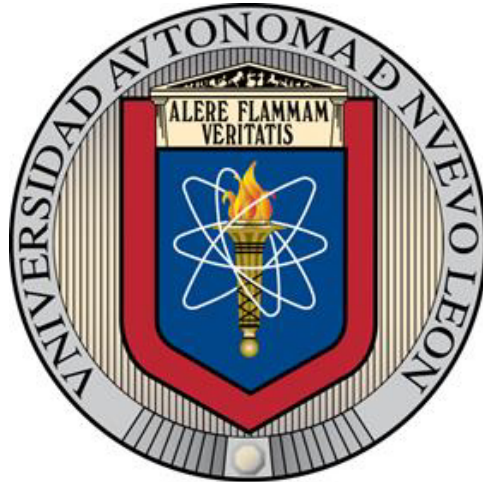


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



DETERMINACIÓN DE *KPIs* PARA DISMINUIR EL  
DESABASTECIMIENTO EN UNA COMERCIALIZADORA

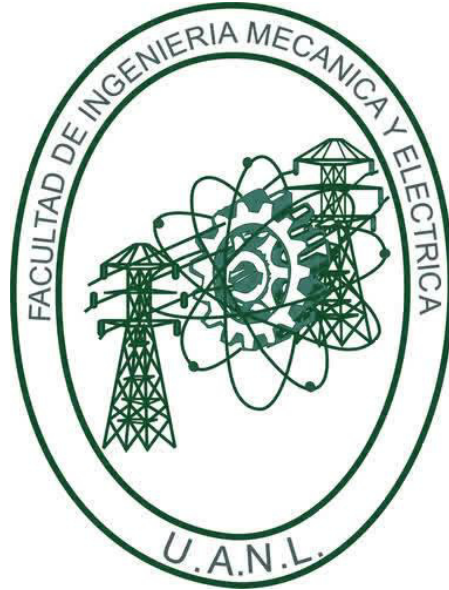
POR

MAILIN YULEISY ECHEVERRI MOLINA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

AGOSTO 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DETERMINACIÓN DE *KPIs* PARA DISMINUIR EL  
DESABASTECIMIENTO EN UNA COMERCIALIZADORA

POR

MAILIN YULEISY ECHEVERRI MOLINA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

AGOSTO 2017

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Subdirección de Estudios de Posgrado

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Determinación de *KPIs* para disminuir el desabastecimiento en una comercializadora», realizada por la alumna Mailin Yuleisy Echeverri Molina, con número de matrícula 1833267, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis




Dr. Tomás Eloy Salais Fierro

Asesor



Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

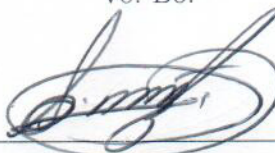
Revisora



M. A. Manuel Farías Martínez

Revisor

Vo. Bo.



Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



*Este trabajo se lo dedico a mi familia,  
por su apoyo incondicional.*

*Cuando el amor es tan grande,  
los retos se asumen con coraje.*

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>xiv</b>
<b>Resumen</b>	<b>xv</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Caso de estudio . . . . .	2
1.2. Justificación . . . . .	5
1.3. Objetivos . . . . .	8
1.3.1. General . . . . .	8
1.3.2. Específicos . . . . .	8
1.4. Hipótesis . . . . .	9
1.5. Metodología . . . . .	9
1.6. Estructura de tesis . . . . .	10
1.7. Conclusión . . . . .	10
<b>2. Revisión de literatura</b>	<b>12</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	12

---

2.2. Causas de desabastecimiento . . . . .	17
2.2.1. Abastecimiento . . . . .	18
2.2.2. Fabricación e importación . . . . .	19
2.2.3. Almacenamiento y distribución . . . . .	20
2.2.4. Puntos de venta . . . . .	21
2.3. Indicadores de desempeño . . . . .	26
2.4. Método <i>AHP</i> . . . . .	31
2.4.1. Escala de valoración . . . . .	35
2.4.2. Base matemática . . . . .	36
2.4.3. Aplicaciones . . . . .	44
2.4.4. Estudios previos . . . . .	46
2.5. Clasificación ABC . . . . .	48
2.6. Conclusión . . . . .	50
<b>3. Metodología</b>	<b>52</b>
3.1. Descripción de la metodología . . . . .	52
3.2. Análisis del caso . . . . .	55
3.2.1. Demanda . . . . .	57
3.2.2. Abastecimiento . . . . .	58
3.2.3. Fabricación e importación . . . . .	62
3.2.4. Almacenamiento y distribución . . . . .	62

---

3.2.5. Puntos de venta . . . . .	64
3.2.6. Otros factores . . . . .	65
3.3. Causas de desabastecimiento . . . . .	66
3.4. Indicadores de desempeño . . . . .	66
3.4.1. Fichas técnicas . . . . .	71
3.4.2. Beneficios adicionales . . . . .	84
3.5. Encuestas . . . . .	86
3.6. Método <i>AHP</i> . . . . .	88
3.7. Conclusión . . . . .	105
<b>4. Análisis de resultados</b>	<b>108</b>
4.1. Expertos . . . . .	108
4.1.1. Ponderación local . . . . .	108
4.1.2. Ponderación global . . . . .	112
4.2. Usuarios . . . . .	115
4.2.1. Ponderación local . . . . .	115
4.2.2. Ponderación global . . . . .	119
4.3. Conclusión . . . . .	120
<b>5. Conclusiones</b>	<b>123</b>
5.1. Resultados y conclusiones . . . . .	123
5.2. Contribuciones . . . . .	125

---

5.3. Trabajo futuro . . . . .	127
<b>A. Apéndice</b>	<b>129</b>
A.1. Encuesta de opinión sobre <i>KPIs</i> . . . . .	129



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

1.1. Esquema de distribución de la empresa. . . . .	3
1.2. Clasificación ABC de <i>hardgoods</i> . . . . .	3
2.1. Efectos del desabastecimiento en clientes. . . . .	18
2.2. Árbol de jerarquías del método <i>AHP</i> . . . . .	33
3.1. Diagrama de la metodología. . . . .	53
3.2. Regiones comerciales en México. . . . .	55
3.3. Indicadores de desempeño que se comparten en la cadena de distribución. . . . .	68
3.4. Indicadores de desempeño por proceso. . . . .	69
3.5. Árbol de jerarquías del caso de estudio. . . . .	89
4.1. Resultado local de criterios para expertos. . . . .	109
4.2. Resultado local de los indicadores de pedido para expertos. . . . .	111
4.3. Resultado local de los indicadores de inventario para expertos. . . . .	112
4.4. Resultado global de expertos. . . . .	114

---

4.5. Resultado local de criterios para usuarios. . . . .	115
4.6. Resultado local de los indicadores de pedido para usuarios. . . . .	117
4.7. Resultado local de los indicadores de inventario para usuarios. . . . .	118
4.8. Resultado global de usuarios. . . . .	120

# ÍNDICE DE TABLAS

---

1.1. Ventas anuales de <i>hardgoods</i> asiáticos . . . . .	4
2.1. Causas de desabastecimiento en un minorista. . . . .	24
2.2. Clases de indicadores de gestión . . . . .	27
2.3. Axiomas del método <i>AHP</i> . . . . .	34
2.4. Escala fundamental de juicios del método <i>AHP</i> . . . . .	36
2.5. Los valores del índice de consistencia aleatorio para los diferentes $n$ .	42
3.1. Clasificación de mercados . . . . .	58
3.2. Causas de desabastecimiento en el caso. . . . .	67
3.3. Agrupación de las causas de desabastecimiento. . . . .	67
3.4. Indicadores relacionados a las causas de desabastecimiento . . . . .	69
3.5. Indicadores de desempeño para el modelo <i>AHP</i> . . . . .	71
3.6. Promedio de la importancia otorgada por los expertos a los criterios .	91
3.7. Matriz de juicios, matriz normalizada y vector promedio de criterios para expertos . . . . .	91
3.9. Matriz de juicios de pedido para expertos . . . . .	91

---

3.8. Promedio de la importancia otorgada por los expertos a los indicadores de desempeño de pedido. . . . .	92
3.10. Matriz normalizada por columnas para los indicadores de pedido en expertos. . . . .	93
3.11. Vector promedio para los indicadores de pedido en expertos. . . . .	93
3.12. Razón de consistencia para los indicadores de pedido en expertos. . .	94
3.14. Matriz de juicios de inventario para expertos. . . . .	94
3.13. Promedio de la importancia otorgada por los expertos a los indicadores de desempeño de inventario. . . . .	95
3.15. Matriz normalizada por columnas para los indicadores de inventario en expertos. . . . .	96
3.16. Vector promedio para los indicadores de inventario en expertos. . . .	96
3.17. Razón de consistencia para los indicadores de inventario en expertos. .	97
3.18. Promedio de la importancia otorgada por los usuarios a los criterios .	97
3.19. Matriz de juicios, matriz normalizada y vector promedio de criterios para usuarios . . . . .	97
3.20. Promedio de la importancia otorgada por los usuarios a los indicadores de desempeño de pedido. . . . .	98
3.21. Matriz de juicios de pedido para usuarios . . . . .	99
3.22. Matriz normalizada por columnas para los indicadores de pedido en usuarios. . . . .	99
3.23. Vector promedio para los indicadores de pedido en usuarios. . . . .	100
3.24. Razón de consistencia para los indicadores de pedido en usuarios. . .	100

---

3.25. Promedio de la importancia otorgada por los usuarios a los indicadores de desempeño de inventario. . . . .	101
3.26. Matriz de juicios de inventario para usuarios. . . . .	102
3.27. Matriz normalizada por columnas para los indicadores de inventario en usuarios. . . . .	102
3.28. Vector promedio para los indicadores de inventario en usuarios. . . .	102
3.29. Razón de consistencia para los indicadores de inventario en usuarios.	103
3.30. Resultado global de los expertos. . . . .	104
3.31. Resultado global de los usuarios. . . . .	105
4.1. Determinación de <i>KPIs</i> según los expertos . . . . .	113
4.2. Determinación de <i>KPIs</i> según los usuarios . . . . .	119

# AGRADECIMIENTOS

---

A mi familia, quienes desde la distancia siempre me impulsaron a conseguir mis objetivos.

A David Lizárraga Osuna, por su amor y comprensión que me ayudaron a superar momentos difíciles.

A mi tutor, el Dr. Tomás Salais por su apoyo y aliento para desarrollar con éxito mi tesis.

A mi revisora, la Dra. Jania Saucedo, por su asesoría y exigencia.

A mi revisor, el M. A. Manuel Farias, por su disposición y comentarios de mejora.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por brindarme la beca académica del 100 % durante mis estudios.

A CONACYT por el apoyo con la beca para mi sostenimiento mientras estudiaba este posgrado.

A la Lic. Deyanira Blanco, por la oportunidad brindada con el caso de estudio.

A todos mis maestros del programa, por sus enseñanzas y lo que significaron para aportar en esta investigación.

Gracias.

# RESUMEN

---

Mailin Yuleisy Echeverri Molina.

Candidata para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: DETERMINACIÓN DE *KPIs* PARA DISMINUIR EL DESABASTECIMIENTO EN UNA COMERCIALIZADORA.

Número de páginas: 140.

**OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO:** las empresas se enfrentan constantemente al reto de mantener un nivel de disponibilidad deseada de productos, evitando que haya desabastecimiento, y al mismo tiempo un exceso de inventarios. Este equilibrio puede ser conseguido a través de diferentes esfuerzos, y es bien conocido que para lograr un objetivo se deben medir las acciones encaminadas a alcanzarlo. Los indicadores clave de desempeño (*KPIs*), son una herramienta que permite monitorear las causas del desabastecimiento para tomar decisiones que eviten que se presenten nuevamente.

Sin embargo, el gran número de indicadores y la falta de guías prácticas sobre cómo desarrollarlos, dificultan una adecuada determinación de los más importantes (*KPIs*) para cada empresa. Debido a esto se plantea el objetivo de «Determinar *KPIs* en una empresa comercializadora usando *AHP*, que permitan monitorear las causas

de desabastecimiento y ayuden a la toma de decisiones para disminuirlo». Aunque el caso abordado concierne a una comercializadora y se busca una herramienta de solución para empresas de este giro, tanto indicadores como la metodología empleada, pueden ser adoptados en cualquier tipo de empresa por tener una utilidad amplia.

La propuesta de solución emplea el método *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) y la ley de Pareto para seleccionar los factores críticos de medición. El primero permite obtener una lista jerarquizada de prioridades o en otras palabras, los indicadores del más importante al menos importante; mientras que el segundo método ayuda a determinar hasta qué indicador se halla la mayor parte de la importancia para nombrarlos como *KPIs*.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: se propusieron 14 indicadores, de los cuales un grupo de expertos y usuarios han seleccionado los *KPIs*, para medir en aras de disminuir el desabastecimiento. Estos indicadores son una herramienta de monitoreo y control de las causas de desabastecimiento identificadas en el caso. Esta herramienta por sí sola no puede ayudar en la disminución del desabastecimiento. Existen una diversidad de condiciones y factores que se deben presentar para que esto se logre con éxito.

La propuesta aquí presentada y los indicadores abordados no sólo pueden ayudar a disminuir el desabastecimiento o mantener un nivel de disponibilidad deseado. Sino también a tener un monitoreo y control de la gestión logística, gestión de la cadena de suministro, evaluación de proveedores, servicio al cliente, gestión de inventarios y gestión de compras.

Además puede usarse para realizar un análisis competitivo de *benchmarking*, reducir costos operativos, ayudar en la mejora continua y servir de base para un sistema de medición más estructurado como un *Balanced Scorecard*.

Se obtuvieron 7 y 8 *KPIs* por parte de los expertos y usuarios, respectivamente. Estos resultados son valiosos al igual que la metodología empleada: puede ser de



utilidad para empresas minoristas, comercializadoras y distribuidores; los indicadores propuestos sirven para otros fines operativos, como implementar los indicadores más idóneos en el departamento de compras e inventarios con el fin de alcanzar el objetivo planteado.

Aportaciones: 14 indicadores para ayudar a disminuir el desabastecimiento, cada uno de ellos puede tener una relevancia diferente según los tomadores de decisiones; una metodología para determinar *KPIs*, esta puede ser considerada como una manera práctica para seleccionar los más relevantes según los objetivos corporativos; y un formato de encuesta de opinión, que puede ser de utilidad para estudios que usen el método *AHP*.

Firma del asesor: \_\_\_\_\_  
Dr. Tomás Eloy Salais Fierro

## CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN

---

Las empresas tienen como un reto importante, el equilibrio entre la disponibilidad de productos sin excedentes ni escasez. Esto se puede alcanzar a través de diferentes políticas que deben ser medidas para comprobar su efectividad o desacierto. Para ello se miden indicadores de desempeño, los cuales miden la brecha entre el resultado actual frente al planeado. No obstante, el gran número de indicadores que existe dificulta una adecuada definición de los más importantes.

En este primer capítulo se presenta a grandes rasgos la información de la empresa estudiada. Se describe la situación actual, su actividad comercial, algunos de sus productos más representativos, sus procesos, cómo está conformada su cadena de distribución y su clasificación de productos ABC. Se define la cadena de distribución y su relación con la cadena de suministro, la importancia de conocer su desempeño y el uso de indicadores como herramienta para medirlo y controlarlo. Posteriormente se muestra la justificación de este estudio, que principalmente responde a la necesidad de propuestas prácticas para el desarrollo de *KPIs* y la reducción del desabastecimiento, un problema común en minoristas que afecta directamente sus finanzas. Más adelante se presentan el objetivo principal, los objetivos específicos, la hipótesis de esta investigación, las etapas de la metodología y estructura de la tesis.

## 1.1 CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio concierne a una empresa minorista con veinte años en el mercado mexicano, que se dedica a revender o comercializar insumos de soldadura (*hardgoods*). Su cadena de distribución y los indicadores de desempeño apropiados para disminuir su problema de desabastecimiento hacen parte de esta investigación.

Pese al fuerte crecimiento en ventas nacionales, los puntos de venta presentan un desabastecimiento crítico en *hardgoods* asiáticos. Esta situación aqueja a la compañía debido al impacto negativo que genera en el servicio al cliente interno y externo, que involucra además: pérdidas en ventas por falta de producto disponible, niveles de inventario deficientes para atender los requerimientos de demanda, tiempos de entrega extensos después de realizar las órdenes de pedido al departamento de compras, entrega de pedidos incompletos en las tiendas, debilitamiento de marca y pérdida de clientes.

La empresa no cuenta con medidas o indicadores que le permitan evaluar, medir y conocer el desempeño de los procesos inmersos en la distribución de *hardgoods* desde China hasta sus puntos de venta ubicados en territorio mexicano, para garantizar un nivel de servicio que cumpla con los requerimientos.

El ciclo de la cadena de distribución, comienza en los puntos de venta, que son tiendas (venta al menudeo), y oficinas RTVS (venta al mayoreo) de la compañía, las cuales se encargan de realizar las órdenes de pedidos de *hardgoods* al departamento de compras. Posteriormente, el departamento de compras reúne las órdenes de pedidos, y se dispone a negociar la compra de los mismos con sus proveedores en China. Después del cierre de la negociación, un agente de aduanas que es el proveedor que realiza la importación, se encarga de la documentación y el tránsito internacional de la carga para fines de importación hacia México. Cuando la carga es nacionalizada y tiene un ingreso legal al país, un proveedor de almacenamiento se encarga de disponer la carga en una bodega central, desde donde también los distribuye a las

tiendas nacionales o en su defecto a los clientes que compran en las oficinas al por mayor. La figura 1.1, ayuda a visualizar el proceso descrito.



Figura 1.1: Esquema de distribución de la empresa.

La oferta comercial de la empresa comprende productos nacionales e importados desde China. En un estudio previo Pérez (2016), determina la clasificación ABC de los productos asiáticos. Dicha clasificación se muestra en la figura 1.2.

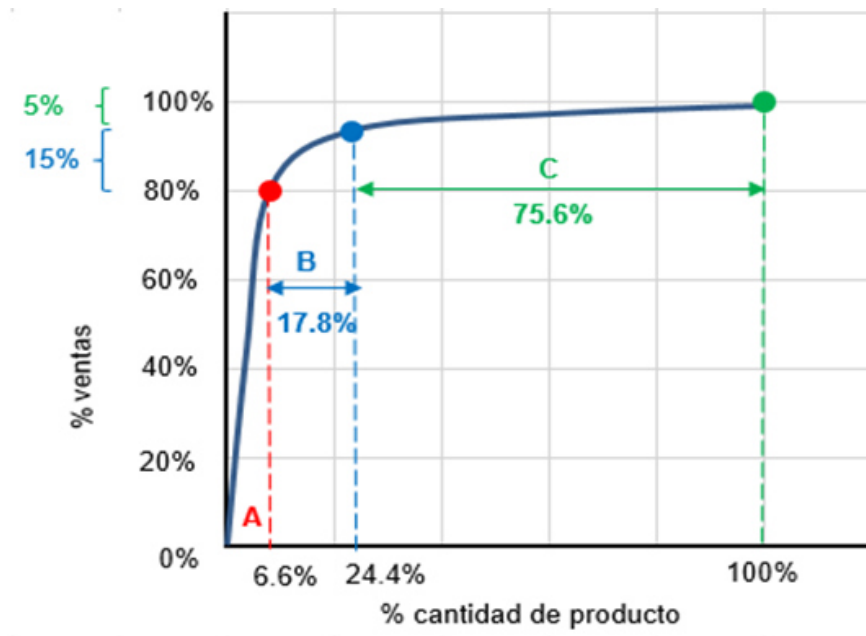


Figura 1.2: Clasificación ABC de *hardgoods*.

Fuente: Pérez (2016).

Del total de los artículos, sólo el 6.6% representan el 80% de las ventas de la compañía. Este 6.6% corresponde a 17 artículos, dentro de los cuales se encuentran todos los productos asiáticos (12 *hardgoods* en total). Estos son clasificados como productos tipo A, tal como se puede observar en la tabla 1.1. Algunos de estos 12

*hardgoods* corresponden a: guantes, caretas, micro alambre sólido, electrodos, entre otros. En esta tabla se pueden ver las ventas anuales de los 12 productos importados desde China, para un total acumulado de \$146,582,304.63.

Tabla 1.1: Ventas anuales de *hardgoods* asiáticos (Pérez, 2016)

No.	Ventas por producto (MXN)	Ventas acumuladas (MXN)	Ventas acumuladas (%)	Clasificación
1	\$43,085,644.25	\$43,085,644.25	7.3 %	A
2	\$18,471,042.53	\$61,556,686.78	10.42 %	A
3	\$16,143,176.54	\$77,699,863.32	13.15 %	A
4	\$11,057,132.77	\$88,756,996.09	15.02 %	A
5	\$9,503,742.10	\$98,260,738.19	16.63 %	A
6	\$8,121,146.61	\$106,381,844.80	18.00 %	A
7	\$7,221,983.87	\$113,603,868.67	19.22 %	A
8	\$6,800,126.74	\$120,403,995.41	20.37 %	A
9	\$6,648,944.68	\$127,052,940.09	21.50 %	A
10	\$6,584,524.70	\$133,637,464.79	22.61 %	A
11	\$6,494,461.07	\$140,131,925.86	23.71 %	A
12	\$6,450,378.77	\$146,582,304.63	24.80 %	A

Este estudio se enfoca en los productos importados y en la cadena de distribución. Esta es considerada por Cos y Navasqués (2001) en dos etapas, la primera comprende hasta y entre los medios de distribución y la segunda hasta el usuario. De tal forma que comprende: la recepción del producto entregado por el productor, las etapas de inspección, las cadenas de transporte, los almacenamientos y la entrega al consumidor final (Antún *et al.*, 2005). Por otra parte, la cadena de suministro incluye áreas funcionales, tanto externas como internas, desde los proveedores de materias primas, hasta los consumidores finales (Chopra y Meindl, 2008; Jacobs y Chase, 2010). Por lo tanto, la cadena de distribución hace parte de la cadena de suministro.

La importancia en la alineación y sincronización entre los diferentes procesos que comprende la cadena de distribución, cobra cada vez más relevancia puesto que del nivel de integración y coordinación que ésta presente, depende el desempeño y la rentabilidad que pueda reflejar en el mercado (Chopra y Meindl, 2008). Por lo tanto,

el interés por identificar metodologías y métodos que ayuden a mejorar la visibilidad y el conocimiento de dichas relaciones, ha impulsado el desarrollado de estudios relacionados que permitan identificar su desempeño, garantizando el cumplimiento de objetivos y la alineación con su estrategia competitiva.

En cualquier caso, conocer el desempeño de la cadena de distribución trae consigo una diversidad de beneficios, que van desde medir y controlar procesos, impacto en la competitividad-rentabilidad, desarrollo de *benchmarking*, hasta soporte para la toma de decisiones (Oviedo *et al.*, 2014; Barnes, 2015). De hecho, una de las técnicas más implementadas en el mundo para medir el desempeño es el modelo *SCOR*, este incluye un gran número de indicadores de desempeño para medir los procesos, de acuerdo al nivel de planeación, ya sea de tipo estratégico, táctico u operativo (APICS, 2016).

Y es precisamente la amplia diversidad de indicadores de desempeño, por lo cual las empresas deben dedicar tanto tiempo como recursos necesarios, para llevar a cabo una ardua tarea de selección de los indicadores apropiados, para el tipo de operaciones que lleva a cabo y que al mismo tiempo, satisfagan los objetivos e intereses particulares de cada compañía (Chae, 2009; Jurburg y Tanco, 2012; Peral *et al.*, 2017).

Por lo anterior, se realizó una búsqueda de las causas de desabastecimiento en la cadena de distribución, y se relacionaron a catorce indicadores de desempeño que mostraban su conexión con dichas causas. Posteriormente, se sometieron al método *AHP* para mediante una encuesta tanto a expertos como usuarios, conocer su opinión sobre los más importantes, y de este modo determinar los *KPIs*.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La relevancia de este estudio se ve reflejada en gran medida en lo que declaran Jurburg y Tanco (2012), al decir que: «*La gestión logística para distribuidores se*

*ha hecho más compleja. Es por ello cada vez más importante la creación y gestión de indicadores para el correcto desempeño de la actividad. A pesar de la cantidad abrumadora de indicadores que existen y se podrían calcular, la clave es medir pocos indicadores que realmente importen... Lo que permite ver qué, cómo y dónde se están haciendo equilibrios en la cadena de suministro».*

De igual forma, Barnes (2015), experto en servicios profesionales con más de 25 años de experiencia, afirma que hay una multitud de métricas en la cadena de suministro sobre: recursos, inventarios, fabricación, almacenamiento, gestión de materiales, transporte, distribución y servicio al cliente. Razón por la cual, si no se tiene cuidado, se puede caer fácilmente en la «parálisis por análisis», en donde los tomadores de decisiones permanecen sin fin, tratando de averiguar qué seleccionar para medir, o tratando de medir todo. Una situación habitual, pese a la falta de guías prácticas para desarrollar indicadores de desempeño para la cadena de suministro (Chae, 2009).

A esto se añade que autores como Vila y Pascual (2007), consideran que la planificación y el control de las operaciones como la producción, la gestión de inventarios y el proceso de distribución, son claves o críticos a la hora de gestionar. Esto nos lleva a considerar que, siendo la distribución un proceso crítico, la evaluación de indicadores se convierte en un aspecto primordial para medir el desempeño de las diferentes actividades que la conforman. Algo factible teniendo en cuenta la afirmación de Antún *et al.* (2005), en la que sostiene que: «Asociada con cada actividad existe una documentación e información para controlarla».

Motivo por el cual, es importante que los tomadores de decisiones estén atentos a los resultados de dichas mediciones, para realizar los ajustes necesarios y desarrollar planes de mejoramiento (Posada, 2011). Pese a dicha importancia en la implementación de pocos indicadores de desempeño que mencionan Jurburg y Tanco (2012), las empresas presentan problemas para incorporarlos, principalmente por la falta de directrices sobre cómo desarrollar *KPIs* (Chae, 2009).

Sin contar con indicadores de desempeño ni mucho menos un sistema de medición, y ante el problema de desabastecimiento actual, la empresa requiere de herramientas que le permitan controlar mejor sus operaciones, a fin de cumplir con los requerimientos de sus clientes.

Cabe señalar entonces, que el desabastecimiento se produce por la rotura en alguno de los eslabones en la cadena de suministro, desde el origen hasta el establecimiento con el cliente final (Resa, 2012). De acuerdo a esto, las causas del desabastecimiento pueden darse por diferentes factores, lo cual puede conducir a enfrentarse posteriormente a una gran cantidad de indicadores. Son y Orchard (2013) consideran que un minorista, mayorista o distribuidor, debe contar con una política en la cual, cualquier falta de existencias, independiente de su tamaño, justifica una investigación de algún tipo. El desabastecimiento ya ha sido identificado como un problema persistente en minoristas (Rani y Kumar, 2008; Resa, 2012). Algunos casos son los de: Nike, Best Buy y Walmart (Tao, 2014).

Ahora bien, al igual que las causas de desabastecimiento, los efectos o consecuencias también son diversos. Esto ocurre cuando el producto de la marca buscada en primera instancia, no se encuentra disponible en el momento requerido, una situación que inclusive en caso de reiteración puede incidir en la fidelidad hacia la tienda donde habitualmente se compra (Rani y Kumar, 2008; Resa, 2012; Hsuan-Hsuan *et al.*, 2017).

También expertos del *Efficient Consumer Response* (ECR) en Europa, consideran diferentes efectos cuando no hay disponibilidad de un producto que se desea comprar. Estos comprenden desde el cambio de tienda hasta el abandono de la compra (Resa, 2012). Y en términos económicos, las pérdidas de ventas inmediatas para un minorista debido a la falta de existencias se estiman en un 4% de las ventas (Ehrenthal y Stölzle, 2013). Esto implica al fin de cuentas la ineficiencia en la cadena de suministro que con base en la tabla 1.1 representa pérdidas anuales por \$5,863,292.185.



Si se sabe que: la gestión de la cadena de distribución es crítica, que cada vez es más importante el uso de indicadores de desempeño para el correcto desempeño de las actividades que comprende, que hay una necesidad explícita de elegir pocos indicadores adecuados para cada empresa en particular, y de las múltiples consecuencias negativas del desabastecimiento en minoristas; se tienen suficientes argumentos para apoyar una propuesta de solución a este problema.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 GENERAL

Determinar *KPIs* en una empresa comercializadora usando *AHP*, que permitan monitorear las causas de desabastecimiento y ayuden a la toma de decisiones para disminuirlo.

### 1.3.2 ESPECÍFICOS

- Identificar las causas de desabastecimiento en la cadena de distribución.
- Buscar indicadores de desempeño relacionados con las principales causas de desabastecimiento.
- Definir la importancia de los indicadores de desempeño para disminuir el desabastecimiento en una cadena de distribución.
- Elaborar una encuesta de opinión para identificar los indicadores de desempeño más importantes (*KPIs*), que ayuden en la disminución del desabastecimiento.
- Implementar el método *AHP* y Pareto para establecer los *KPIs*, que ayudan en mayor medida en la disminución del desabastecimiento.

## 1.4 HIPÓTESIS

Al determinar *KPIs* para ayudar a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora, se podrán obtener aquellos indicadores, considerados como los más importantes y apropiados para la empresa de estudio. Los cuales servirán como herramienta de medición y control, para gestionar el rendimiento actual frente al deseado en su cadena de distribución.

## 1.5 METODOLOGÍA

La propuesta consiste en cinco etapas.

1. Análisis del caso: en esta sección se describen los procesos de la cadena de distribución de la empresa, y se complementan con revisión de literatura que permiten conocer las recomendaciones y los aportes de diferentes autores. De esta forma se logra relacionar el problema de desabastecimiento con la gestión de diferentes actividades.
2. Causas de desabastecimiento: se presenta una secuencia lógica de tres pasos con la cual se obtuvieron estos factores presentes en la empresa. Primero se clasifican en general para un minorista, luego se presentan las causas identificadas en el caso a través de las diferentes reuniones presenciales con personal administrativo; y finalmente se realiza una clasificación adicional en dos grandes grupos, pedido e inventario.
3. Indicadores de desempeño: se relaciona cada causa de desabastecimiento a uno o varios indicadores que pueden ayudar a monitorearla, se simplifican y se indica el proceso donde deben ser medidos. Se elaboraron fichas técnicas, una por cada uno de los catorce indicadores propuestos y se presentan beneficios adicionales a la disminución de desabastecimiento.

4. Encuestas: se diseñó y sometió a las recomendaciones de los expertos, quienes contaban con un perfil determinado para llenarla. Las recomendaciones sirvieron para realizar ajustes al diseño inicial y utilizarla posteriormente para la aplicación en usuarios.
5. Método *AHP*: se presentan los tres pasos de desarrollo de este modelo y se obtiene una lista jerarquizada por orden de importancia de los indicadores, a la que se le aplica el método de Pareto para determinar los *KPIs*.

## 1.6 ESTRUCTURA DE TESIS

Esta tesis está segmentada en 5 capítulos. El primero es la introducción, aquí se exponen aspectos generales de la empresa y de este estudio. Luego se realiza la revisión de la literatura, en donde se abordan conceptos generales asociados al desabastecimiento, indicadores de desempeño, y métodos para dar solución al problema; además de presentar trabajos relacionados con el tema. El tercer capítulo corresponde a la metodología donde se desarrollan las 5 etapas expuestas en la sección anterior, las cuales son el procedimiento sugerido para lograr el objetivo expresado en la tesis. Posteriormente se hace el análisis de resultados, en donde se identifican los indicadores críticos mediante la aplicación de la metodología. Por último, se muestran las conclusiones con las contribuciones y el trabajo futuro.

## 1.7 CONCLUSIÓN

Este estudio está orientado a determinar los indicadores clave de desempeño (*KPIs*) para disminuir el desabastecimiento en una comercializadora de insumos de soldadura en México.

La empresa no cuenta con un sistema de medición. Se buscan indicadores para

---

toda la cadena de distribución, la cual comprende desde la entrega del producto del fabricante hasta la entrega al consumidor final.

Esta es una ardua tarea debido a la gran cantidad de indicadores que existen y que inclusive se podrían crear, aunque medir pocos indicadores permite ver el comportamiento operacional, de tal forma que refleja el desempeño de las actividades o procesos, y sirven de herramienta para la mejora continua.

Esto es importante porque el desabastecimiento, problema que se desea abordar, se produce por la rotura en alguno de los eslabones de la cadena y su causa puede responder a una amplia gama de factores, y al no ser controlados, han estado afectando negativamente las finanzas de la empresa y requiere de atención.

## CAPÍTULO 2

# REVISIÓN DE LITERATURA

---

Frente a la constante necesidad competitiva de las empresas, y los diferentes esfuerzos que se suman para orientarse en pro de alcanzar la rentabilidad, se hace menester la búsqueda persistente de alternativas de solución que generen un beneficio. La globalización ofrece para algunas empresas una ventaja competitiva en precios, permitiendo la adquisición de productos que con la ayuda de terceros potencian la obtención de los mismos, aprovechando las ventajas y reduciendo los riesgos del intercambio comercial. Contar con este tipo de aliados se suma a una amplia gama de factores para coordinar en una cadena de distribución. La complejidad de esta gestión conduce a mantener un monitoreo continuo por medio de indicadores de desempeño. Estos deben ser determinados correctamente y ser valiosos en términos de la información que proporcionan, sirviendo como herramienta para reducir el desabastecimiento a través de la vinculación con sus causas y la priorización entre ellos mediante métodos apropiados.

## 2.1 ANTECEDENTES

Uno de los retos más importantes en una cadena de suministro es lograr la integración como un sistema estructural, que soporte eficientemente los requerimientos del mercado al que atiende. Esto se logra por medio del ajuste estratégico, en donde

se conserva un equilibrio entre la capacidad de respuesta y la eficiencia, que se traduce, en la capacidad de servicio al cliente conservando cierto nivel de costos. Por lo cual, el ajuste estratégico siempre deberá tener una alineación con la estrategia competitiva de la empresa, respondiendo efectivamente al mercado, con las diferencias que lo caracterizan frente a éste. Dicho ajuste, considera directrices lógicas e interfuncionales que dictan el desempeño de la cadena de suministro, los cuales son: almacenamiento, producción, inventarios, transportación, información, compras y fijación de precios (Chan y Qi, 2003; Chopra y Meindl, 2008).

Hoy en día lograr dicho equilibrio representa una mayor complejidad. Evidentemente, nuestros ancestros podían producir y consumir en un mismo lugar los alimentos, y aunque en la actualidad algunas zonas aisladas y sin intercambio comercial, conservan esta situación; el panorama mundial apunta a extenderse comercialmente tanto cuanto sea posible. Se busca lograr ventajas comparativas y competitivas a un precio competitivo (Ballou, 2004).

Desde luego habrá empresas que adquieran productos a un precio de venta competitivo, pero no se asegura que este beneficio se mantenga al ponerlo en manos del cliente final. Esto es, porque los procesos que acercan el producto hasta el cliente final, traen consigo costos de diferente índole que afectan directamente en el resultado final de la cadena de suministro y su desempeño. Dentro de este contexto, es la globalización la que apoya a aquellas cadenas de suministro constituidas por más eslabones y que atraviesan más mercados. Específicamente en el caso de las importaciones, las empresas en otros mercados pueden ver como oportunidad, una alta calidad en los productos que requieren, un proceso satisfactorio de pedidos, confiabilidad de entrega, diversificación, precios más bajos por especialización, mano laboral a bajo costo, reducción de rivalidad industrial, y escasez local. Una amplia baraja de oportunidades que se deja a consideración de cada quién (Daniels *et al.*, 2013).

A pesar de la diversidad de oportunidades, las empresas se pueden ver ex-

puestas a grandes riesgos si no cuenta con la experiencia en comercio exterior y deciden participar de cualquier modo, en dichas operaciones. Muchas compañías acuden entonces, a los diferentes recursos y asistencia brindada por las oficinas comerciales nacionales, estatales y locales, agentes de transporte, agentes aduanales, intermediarios comerciales, bancos internacionales, consultores, proveedores externos de logística, entre otros que ayudan a las empresas, total o parcialmente para gestionar la complejidad de las transacciones internacionales, aprovechando las oportunidades, y reduciendo los riesgos. Entre ellos, podemos destacar a los proveedores externos de logística o también conocidos como 3PL, una fuerza creciente en el comercio internacional que ofrece servicios con un alto grado de especialización, en las diferentes actividades involucradas en la cadena de suministro (Jacobs y Chase, 2010; Daniels *et al.*, 2013).

De lo anterior se infiere que, cuando la actividad comercial de la empresa no es netamente logística, se ve inclinada a subcontratar algunos procesos, que le permitan enfocarse en su negocio y lo que sabe hacer bien, al mismo tiempo que, construye relaciones comerciales en donde en conjunto, ambas partes funcionan dentro de una misma cadena de suministro alineada y coordinada, que suma esfuerzos orientados a la consecución de objetivos comunes, que finalmente garantizan beneficios para ambas partes (Bowman, 2005). Druker, considerado padre de la administración moderna, asegura que esta decisión puede tomarse para evitar perder el enfoque, ya que las empresas normalmente olvidan a qué se dedican y distribuyen su esfuerzo a otras actividades que merman el objetivo principal (Sierra, 2013).

Precisamente, esto hace parte de los motivos que impulsan a las empresas a recurrir a la subcontratación de algunos de sus procesos. A pesar que existan diferentes niveles de integración entre un proveedor 3PL y sus clientes, las empresas de tercerización que mejor logran satisfacer la demanda de estos, son aquellas que comprenden la actividad comercial de los mismos y se acoplan a ella, apuntando a construir relaciones comerciales a largo plazo (Jothimani y Sarmah, 2014). Esta condición es indispensable en miras de forjar una cadena de suministro robusta y

estable, capaz de competir en términos de valor, superando juntos cada eventualidad que se presente y planeando estratégicamente el devenir conjunto, brindando una ventaja competitiva y un valor visible para el consumidor (Bowman, 2005).

De lo anterior se desprende que, entre más proveedores sean subcontratados por la empresa para cumplir diferentes funciones específicas, mayor es el costo de la coordinación, considerándolo como el esfuerzo necesario para coordinar las actividades entre múltiples entidades. Una decisión que es factible, aunque la compañía deba considerar antes, que ser coordinador es una de sus principales fortalezas. Además, al momento de subcontratar, la empresa se ve expuesta a un contacto reducido cliente/proveedor, pérdida de capacidad interna y crecimiento de poder del tercero, fuga de datos e información confidencial, y contratos ineficaces (Chopra y Meindl, 2008).

Las anteriores desventajas, podrían significar un efecto contrario de competitividad y rentabilidad, y se convertirían en factores de riesgo para la cadena de suministro. Es a partir de aquí, que la medición y control se extienden a toda la cadena y los procesos involucrados dentro de ella, incluyendo aquellos procesos que se subcontratan con terceros, que también deben ser observados de cerca (Chopra y Meindl, 2008; Jacobs y Chase, 2010).

Siguiendo esta línea, el que una empresa cuente con participación en el mercado significa que por lo menos algunas de sus prácticas son valiosas, aunque deban ser mejoradas en aspectos significativos de su estructura, incluyendo aquellos procesos subcontratados (Botero y Peña, 2006). Es por ello que se hace necesario: «*Medir todo aquello que genere, agregue y cree valor, inclusive aquello que podría crear valor o destruirlo*». Motivo por el cual, es indispensable, crear un sistema de medición en cualquier tipo de empresa. Después de todo, planear y medir son fundamentos importantes para la obtención de resultados, que finalmente permiten a una empresa permanecer en el mercado de una forma competitiva, sostenida y sustentable (Amarocho *et al.*, 2009).

No obstante, como bien lo dice Barnes (2015): «*No todo lo que cuenta puede*



*ser contado, y no todo lo que se puede contar cuenta*». Una premisa que bien podría indicar la importancia de tener en cuenta lo realmente importante, a la hora de seleccionar indicadores de desempeño en la cadena de suministro.

En este caso, el interés recae en tratar el problema de desabastecimiento. El desabastecimiento se refiere a cuando no hay disponibilidad de un producto ya sea porque no es apto para venderse o no está en el lugar indicado (Moussaoui *et al.*, 2016). Al intentar reducir el desabastecimiento se procura al mismo tiempo tener mayor disponibilidad de producto, esta última: «*Es la fracción de la demanda que se satisface a tiempo a partir del producto que se mantiene en inventario*», una baja disponibilidad de producto da como resultado una fracción más alta de clientes que no se atienden a tiempo y por ende se puede presentar desabastecimiento (Chopra y Meindl, 2008).

Este es un problema habitual que conduce a pérdidas de monetarias (Rani y Kumar, 2008; Hsuan-Hsuan *et al.*, 2017). Las pérdidas de ventas inmediatas para minoristas debido a la falta de existencias se estiman en un 4% de las ventas (Ehrenthal y Stölzle, 2013).

Con el tiempo, se sabe que el desabastecimiento frecuente disminuye la lealtad de los compradores a la marca y a la tienda, y en consecuencia pone en peligro las ventas futuras. La reducción de la falta de existencias, por lo tanto, representa para los minoristas la posibilidad de aumentar las ventas y reducir los costos (Rani y Kumar, 2008; Ehrenthal y Stölzle, 2013). Además de los múltiples efectos del desabastecimiento, también se pueden presentar una gran variedad de causas de la falta de existencias.

Varios estudios sugieren que la mayoría del desabastecimiento de un minorista es causado en la tienda y en menor medida es causado aguas arriba en la cadena de suministro. Lo cual indica que el desabastecimiento se produce a largo de toda la cadena de suministro, que por lo general consiste en la compra, almacenamiento, distribución y venta (Ehrenthal y Stölzle, 2013).

## 2.2 CAUSAS DE DESABASTECIMIENTO

El desabastecimiento, *out-of-stock* o *stock out*, según Moussaoui *et al.* (2016), se refiere a cuando: «*Un producto demandado no está disponible, no se encuentra en condiciones de venta o no se encuentra en el lugar esperado*».

Este es un problema persistente en el comercio minorista y tiene un impacto directo en el rendimiento financiero, porque conduce a la pérdida de ventas cuando los compradores deciden comprar algunos artículos en otro lugar o cancelar sus compras por completo (Rani y Kumar, 2008; Hsuan-Hsuan *et al.*, 2017; Frontoni *et al.*, 2017). Las pérdidas de ventas inmediatas debido a la falta de existencias se estiman en un 4% de las ventas (Ehrenthal y Stölzle, 2013).

Entre otros efectos, se considera que el nivel de sustitución entre marcas puede alcanzar el 75% según expertos de la consultora de mercadeo *SymphonyIri Group*. Esto ocurre cuando el producto de la marca buscada en primera instancia, no se encuentra disponible en el momento requerido. Una situación que inclusive en caso de reiteración puede incidir en la fidelidad hacia la tienda donde habitualmente se compra. También se pueden apreciar los efectos del desabastecimiento en la figura 2.1, elaborada de acuerdo a expertos del *Efficient Consumer Response (ECR)* en Europa (Resa, 2012).

Además de los múltiples efectos del desabastecimiento, también se pueden presentar una gran variedad de causas de la falta de existencias. Según Ehrenthal y Stölzle (2013), varios estudios sugieren que la mayoría del desabastecimiento de un minorista es causado en la tienda y en menor medida es causado aguas arriba en la cadena de suministro. Por lo tanto, el desabastecimiento se produce a largo de toda la cadena de suministro.

En algunos ejemplos de industria se presenta el caso de Nike, el cual no realizó suficientes pruebas a un software de planeación de demanda que instaló y ocasionó



Figura 2.1: Efectos del desabastecimiento en clientes.  
Fuente: Resa (2012).

desabastecimiento en los productos de alta rotación y pérdidas cuantiosas. Best Buy presentó desabastecimiento en una temporada de fin de año por deficiencias en la planeación de la demanda y un nivel bajo de inventarios, y un caso adicional es el de Walmart que sufrió desabastecimiento debido a que no contaba con suficiente personal que dispusiera los productos en los anaqueles en piso (Tao, 2014).

A continuación se presentan las diferentes causas de desabastecimiento por cada uno de los procesos de la cadena de distribución.

### 2.2.1 ABASTECIMIENTO

Un proceso lógico para hallar las causas de desabastecimiento es empezando por el análisis de la demanda. Si la demanda sobrepasa los límites de control durante un ciclo de pedido se debe investigar si la tasa de demanda o patrón han cambiado, además se debe revisar la puntualidad en la realización del pedido y su llegada. De esta forma si se comprueba que la orden de pedido no fue colocada a tiempo, las causas de error pueden deberse a que el empleado tiene una disciplina laxa (ordena tarde u olvida hacer la orden), o que el sistema es demasiado grande para manejarlo. Si la orden se realizó a tiempo, se debe revisar entonces si ésta llegó a tiempo. Si

fue así, entonces los datos de inventario pueden ser inexactos, la orden puede estar extraviada o el producto pudo haber sido mal utilizado. Si la orden no llegó a tiempo, entonces puede explicarse porque el tiempo de entrega cambió o existe un problema con el proveedor (Watts *et al.*, 1994).

En síntesis, los factores operativos que causan este problema en el proceso de abastecimiento son: pronóstico deficiente, orden insuficiente, baja frecuencia de resurtido, inexactitud en inventario, errores en la ejecución aguas arriba y datos incorrectos. Los factores gerenciales son: falta de énfasis en la importancia de desabastecimiento y rotación de administradores (Moussaoui *et al.*, 2016).

Y los factores en el área de personas son: falla en la comunicación entre proveedor y distribuidor, falta de recursos humanos en la negociación con proveedores, el distribuidor prefiere menores precios que pagar una mejor calidad de suministro, fallas de comunicación entre procesos como entre la tienda y la central; en los departamentos de mercadeo y ventas, mercadeo y logística; o entre los tres (Resa, 2006).

### 2.2.2 FABRICACIÓN E IMPORTACIÓN

Las causas de desabastecimiento aportadas por el fabricante en canales de distribución fabricante-minorista, se logran reunir en tres áreas según Resa (2006):

1. Área de sistemas: descuadre en el inventario informático y real, fallas en los sistemas de información e información incompleta sobre datos históricos.
2. Área de procesos: fallas de proveedores en plataforma; en el proveedor específico, sobretodo en la comunicación proveedores-operador logístico y detallista; en las previsiones; en la codificación de artículos. Estas se consideran como las más importantes.

3. Área de personas: falla en la comunicación entre proveedor y distribuidor y falta de recursos humanos en la negociación con clientes.

Tanto los proveedores en China como el agente de importación comparten las anteriores tres causas, las fallas o errores pueden verse como demoras en las entregas, por ende, ambos contribuyen en la incertidumbre del tiempo de entrega hacia la empresa minorista.

Otros autores consideran que los proveedores directos pueden tener problemas de cumplimiento o problemas de entrega en su camino hacia el minorista. Estos pueden ocurrir debido a la planificación y las comunicaciones en general, por ejemplo, para las promociones que tenga planeado el minorista. En síntesis las causas según Ehrental y Stölzle (2013) son:

- Entrega: retrasos en las entregas y daños en los productos.
- Órdenes: pronóstico inadecuado en general y el de productos en promoción, problemas de orden con el proveedor directo, orden retrasada del proveedor directo, orden de cantidad mínima al este mismo no encontrada (se debe pedir mínimo 20 toneladas, algunas referencias se pueden combinar, otros productos deben completar la restricción individualmente. Esto se debe tener en cuenta entonces en la cantidad de pedido que realiza el departamento de compras), valor mínimo de orden al proveedor no encontrada (éste último factor no aplica para el caso debido a que el pedido mínimo se mide en toneladas y no en unidades monetarias).

### 2.2.3 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

Se encontraron dos grandes grupos de causas de desabastecimiento que están relacionadas con el almacén central del minorista, que según Ehrental y Stölzle

(2013) son: almacenamiento y previsión de problemas generales, como los errores de recolección y de predicción del sistema, respectivamente, y los de pedidos debido a inventarios inexactos. Otra causa es la poca fiabilidad del transporte, tales como retrasos causados por las carreteras congestionadas.

Y las causas de desabastecimiento relacionadas con el centro de distribución, según los mismos autores, están relacionadas con la entrega y el manejo o manipulación.

Con respecto a causas relacionadas con las entregas, se puede encontrar el daño de los productos durante el transporte desde el proveedor. En este caso puede ocurrir durante el transporte, después de que el proveedor entrega la carga de productos, hasta que llega al almacén.

Y en causas relacionadas con el manejo, se encuentran: daños en el producto y problemas de integración con el proveedor.

#### 2.2.4 PUNTOS DE VENTA

De acuerdo a lo anterior el desabastecimiento causado en tiendas según Ehrenthal y Stölzle (2013) está relacionado con:

- Lista: producto no enlistado o des enlistado, producto relanzado y error en las bases de datos.
- Orden: gestión inadecuada de inventario, orden no puesta o tardía, cantidad de orden equivocada, cantidad mínima de orden no encontrada, valor mínimo de la orden no encontrado (en el caso: no aplica para las tiendas ni para los RTVS puesto que no hay un monto de dinero mínimo para satisfacer en cada orden que realizan al departamento de compras), pronóstico inadecuado de producto, sistema inadecuado de nivel de reorden, problemas con la transmisión de la orden y errores manuales al hacer la orden.

- Entrega: producto no entregado, consignación inadecuada (en el caso: como los puntos de venta pertenecen a la compañía este tipo de problemas no es una limitante para entregar el producto), retrasos en la entrega, entrega de cantidades incorrectas, daño de producto durante este proceso o el mismo ha sido mal organizado en la tarima.
- Recepción: rampas ocupadas, recepción incorrecta de embarque, deficiente calidad hallada durante la recepción, manejo inapropiado, retrasos en control de calidad, ausencia de empleados, problemas con el escáner portátil u otros dispositivos para el control de inventario y otros problemas varios.
- Manejo: registros de inventario inadecuado, daños en producto, venta en fecha caducada, manejo inadecuado, mermas de producto, producto fuera de lugar y diferencias de inventario.
- Abastecimiento de estante: empleados ocupados en otro lugar, producto no rastreado, los empleados no notan o no reportan el desabastecimiento, productos que se encuentran en recepción, producto no resurtido por personal externo, producto por fuera del estante y empaque secundario no retirado.
- Ubicación: ubicación secundaria, producto desabastecido sustituido por otro, ubicación diferente al planograma, espacio en el estante insuficiente y el producto destacado difiere del estándar.
- Promociones: pronóstico inadecuado de productos en promoción, estante de promoción vacío o no resurtido y producto no entregado (por una inadecuada consignación o por una entrega incorrecta desde el centro de distribución o el proveedor directo).

La disponibilidad en estantes o por sus siglas en inglés *on-shelf availability* (*OSA*) es un componente importante del servicio al cliente y un indicador de desempeño clave en la industria al por menor. *OSA* mide la probabilidad de que un producto esté disponible en condiciones de venta cuando un cliente lo busca en el estante.

Una estimación del costo inmediato de desabastecimiento sugiere que los minoristas pierden el 4% y los fabricantes el 2,3% de las ventas anuales, debido a una deficiente OSA. Además de la pérdida de ventas inmediatas, una OSA deficiente, tiene efectos a largo plazo negativos sobre la demanda de los clientes. Los estudios *ad-hoc* muestran la lealtad a la tienda con una correlación positiva con OSA; tiendas con menos desabastecimiento frecuente son más propensas a tener compradores que se quedan en la tienda y compran un sustituto (Moussaoui *et al.*, 2016).

Los mismos autores identificaron diferentes categorías de factores OSA, e indican que la mayoría de los desabastecimientos no sistémicos podrían remontarse a los desajustes de incentivos dentro y a través de socios de la cadena de suministro. Tales categorías son:

- Factores operativos: operaciones trastienda, espacio de ubicación del estante inadecuado, tamaño de la caja del paquete inadecuado, mantenimiento pobre del estante.
- Factores de conducta: anulación del sistema, mantenimiento pobre del estante, revisión de errores.
- Factores de coordinación: coordinación deficiente y falta de sincronización, una comunicación deficiente y falta de visibilidad.
- Factores sistémicos: auto correlación con la demanda, demanda impredecible, velocidad de la demanda, variedad del producto, diseño de la red.

Hasta este punto se ha hecho mención de todas las causas de desabastecimiento encontradas. La tabla 2.1 las reúne por completo para mejorar su visualización, en total son 82 causas que se asocian a cada uno de los procesos en la cadena de distribución.



Tabla 2.1: Causas de desabastecimiento en un minorista.

Proceso	Causas de desabastecimiento
Abastecimiento	Pedidos insuficientes
	Pronóstico deficiente
	Demanda variable
	Inventario inexacto
	Colocación de pedido a destiempo
	Baja frecuencia de resurtido
	Errores de ejecución
	Datos incorrectos
	Fallas de comunicación proveedor-distribuidor
	Fallas de comunicación tienda-central
	Fallas de comunicación mercadeo-ventas-logística
	Falta de recurso humano
	Alta rotación de administración
	Falta de énfasis en importancia del desabastecimiento
	Preferencia por bajos precios en vez de mejor calidad de suministro
	Problemas con el proveedor
Fabricación e importación	Inexactitud de inventario
	Fallas en sistemas de información
	Datos históricos incompletos
	Fallas de proveedores en plataformas
	Fallas de comunicación proveedores- proveedor logístico-minorista
	Fallas en las previsiones
	Fallas en la codificación de artículos
	Falta de personal para negociar con clientes
	Fallas en las entregas
	Fallas del operador logístico
	Daños en los productos
	Errores en las previsiones
	Retrasos en las entregas
	Pronóstico inadecuado
	Pronóstico inadecuado de productos en promoción
	Problemas con los pedidos al proveedor
	Pedidos retrasados
Valor mínimo de la orden no encontrado	
Orden de cantidad mínima al proveedor no encontrada	

(continúa en la página siguiente)

Proceso	Causas de desabastecimiento
Almacenamiento y distribución	Inexactitud en el inventario
	Errores de recolección de pedidos
	Errores de predicción del sistema
	Retrasos de entrega
	Productos dañados
	Problemas de integración con el proveedor
Puntos de venta	Producto no enlistado o des enlistado
	Producto relanzado
	Error en datos master
	Gestión inadecuada de inventarios
	Pedidos no puestos
	Pedidos puesto a destiempo
	Cantidad de pedido equivocado
	Cantidad mínima de pedido no encontrado
	Valor mínimo de pedido no encontrado
	Pronóstico inadecuado
	Sistema inadecuado de nivel de reorden
	Problemas de transmisión del pedido
	Errores manuales al realizar el pedido
	Producto no entregado
	Consignación inadecuada
	Retrasos en la entrega
	Entrega de cantidades incorrecta
	Daño de producto
	Producto mal organizado en la tarima
	Rampas ocupadas
	Recepción incorrecta de embarque
	Deficiente calidad del embarque durante la recepción
	Manejo inapropiado
	Retrasos por control de calidad
	Ausencia de empleados
	Problemas con el dispositivo de control de inventario
	Registro inadecuado de inventario
	Caducidad de producto
	Mermas de producto
	Productos ubicados en otra posición
Empleados ocupados en otro lugar	
Desabastecimiento no identificado por el personal	
Desabastecimiento no reportado	

(continúa en la página siguiente)

Proceso	Causas de desabastecimiento
	Productos en recepción
	Producto no resurtido por personal externo
	Empaque secundario no retirado
	Espacio insuficiente en el estante
	Pronóstico inadecuado de productos en promoción
	Estante de promoción vacío o no resurtido
	Desajustes de incentivos
	Factores operativos, de conducta, coordinación y sistémicos

(fin de la tabla)

### 2.3 INDICADORES DE DESEMPEÑO

En este sentido, la medición y control del desempeño o rendimiento en la cadena de suministro, también conocida como indicadores clave de desempeño o en inglés: *Key Performance Indicators (KPIs)*, es el término para un conjunto de métricas y procesos relacionados con la valoración y la evaluación de la diferencia entre la planeación y la ejecución (Chae, 2009).

Smith (2013), desglosa cada inicial de sus siglas en inglés para una mejor comprensión:

*Key*: significa que proporciona un medio para lograr o comprender algo.

*Performance*: se refiere a una acción o procedimiento en concreto.

*Indicator*: indica el estado o nivel de aquello que se está midiendo.

En otras palabras los *KPIs*, muestran cómo se está realizando una actividad en particular para lograr un nivel o resultado en concreto. De hecho, es casi exactamente lo mismo que una medida o métrica. La única diferencia real es que la palabra *key*, que se traduce al español como: clave, implica que es realmente importante (Smith,

2013).

Entendiendo esta diferencia entre indicadores de desempeño e indicadores clave de desempeño, se le da el respectivo uso en esta investigación. Haciendo referencia la mayor parte del escrito a los indicadores de desempeño, y sólo hasta obtener unos pocos importantes o claves, se utilizan las siglas *KPIs*.

Un indicador también se define de acuerdo a (Zuluaga *et al.*, 2014), como: «Una proposición que identifica un rasgo o característica empíricamente observable, que permite la medida estadística de un concepto o de una dimensión de éste basado en análisis teórico previo, e integrado en un sistema coherente de proposiciones vinculadas, cuyo análisis puede orientarse a describir, comparar, explicar o prever hechos».

Los indicadores de desempeño en la cadena de suministro también son conocidos como indicadores de rendimiento y éstos hacen parte de los indicadores de gestión, las diferentes clases que existen se pueden ver en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Clases de indicadores de gestión (Mora, 2014b)

<p>1. Indicadores de utilización: es el cociente entre la capacidad utilizada y la disponible.</p> $Utilización = \frac{capacidad\ utilizada}{capacidad\ disponible} \times 100\%$
<p>2. Indicadores de desempeño: es el cociente entre la producción real y la esperada.</p> $Desempeño = \frac{nivel\ de\ producción\ real}{nivel\ esperado\ (estándar)} \times 100\%$
<p>3. Indicadores de productividad: es el cociente entre valores reales de producción y recursos empleados.</p> $Productividad = \frac{valor\ real\ de\ producción}{valor\ real\ de\ producción\ esperado} \times 100\%$

Para la gestión de los procesos es indispensable medirlos (Chan y Qi, 2003). A pesar de la importancia de los indicadores de desempeño, las empresas no logran darle el lugar que le corresponde a esta tarea, pese a diversas causas como la falta de incentivos, falta de apoyo administrativo, y una cultura organizacional desfavorable, que se dificulta aún más en empresas ordinarias. Esto se debe a que en una empresa normalmente se tienen medidas de desempeño financieras, pero en cuanto se refiere a *KPIs* de la cadena de suministro no existe una amplia adaptación e inclusive las empresas se encuentran desinformadas acerca de esto. Para lo cual, se encuentra que las empresas han manifestado que se debe, a que hay una falta de directrices prácticas sobre cómo desarrollar *KPIs* (Chan y Qi, 2003; Chae, 2009).

Otra de las causas que frenan la adopción de indicadores de desempeño en las empresas, es el esfuerzo que implica por considerarse una tarea extensa, que inclusive después de clasificar los *KPIs* en estratégicos, tácticos, operativos, financieros y no financieros, de acuerdo a la toma de decisiones del modelo *SCOR*, uno de los más aceptadas por la industria en las últimas décadas; dicho método todavía implicarían numerosas opciones de indicadores sin tener establecido una prioridad entre ellos. Sin embargo, un sistema bien estructurado de procesos e indicadores puede ser usado ampliamente para el análisis del desempeño logístico en la industria. Inclusive apoya la gestión y el mejoramiento de la cadena de suministro como un todo, al mismo tiempo que facilita la comparación del desempeño de toda o parte de una cadena, respecto al comportamiento promedio de cadenas de la misma clase (*benchmarking*) (Oviedo *et al.*, 2014).

Cabe aclarar, que una de las principales dificultades de los indicadores presentados por el modelo *SCOR*, radica en la estructura jerárquica que tienen, lo que implica que para llegar a los indicadores de nivel 1 que corresponden a los de toma de decisiones estratégicas, se deban calcular previamente un importante número de indicadores de nivel 2, 3 y hasta 4. Si bien no es necesario calcular todos estos y otros indicadores más para obtener la idea general, la gran cantidad y diversidad de los mismos puede perturbar a la empresa, la cual debe dedicar un tiempo significativo

para la selección de los indicadores y por otro lado, designar recursos para buscar y encontrar la información necesaria para tal fin (Peral *et al.*, 2017; Jurburg y Tanco, 2012).

Revisando lo anterior en la página oficial del Supply Chain Council, la cual desarrolló el modelo *SCOR*, se ofrecen más de 250 métricas para diferentes niveles de la compañía. Por otra parte, al seleccionar indicadores de desempeño, la entidad considera que el reto estratégico para una empresa, es definir, alinear y dar prioridad a las necesidades competitivas para cada atributo mencionado, teniendo en cuenta que debe elegir en qué va a ser el mejor de su clase y en qué otros atributos es conveniente desempeñarse en un nivel promedio (APICS, 2016).

Con esto en mente, vale la pena resaltar que las métricas no son sólo una herramienta de medición. Las métricas adecuadas permiten a los profesionales en la gestión de la cadena de suministro, monitorear el desempeño, mantener la motivación, mejorar la comunicación, diagnosticar problemas, e impulsar el mejoramiento y cambios positivos en la empresa, al mismo tiempo que crea una alineación con la ventaja competitiva (Chan y Qi, 2003). Ya sea entre una empresa y sus principales proveedores o entre departamentos dentro de una organización, la alineación de las metas y objetivos es fundamental para conseguir un trabajo eficiente y efectivo (Barnes, 2015).

A modo de conclusión y según el estudio de Chae (2009), la experiencia resultante de la revisión de los estándares de la industria, y las mejores prácticas en la medición del rendimiento de la cadena de suministro, sugieren que «menos es mejor» para el desarrollo de métricas de rendimiento. Las empresas deben centrarse en sólo una pequeña lista de indicadores clave de rendimiento que son fundamentales para la gestión de sus operaciones, el servicio al cliente y la viabilidad financiera.

Jurburg y Tanco (2012) también resaltan que: «*Cada vez es más importante la creación y gestión de indicadores para el correcto desempeño de las actividades. A pesar de la cantidad abrumadora de indicadores que existen y se podrían calcular,*

*la clave es medir pocos indicadores que realmente importen, aquellos que muestran una imagen completa de la cadena de principio a fin. Lo que permite ver qué, cómo y dónde se están haciendo equilibrios en la cadena de suministro».*

De forma complementaria, los autores Antún *et al.* (2005) señalan que para cada actividad en la cadena de distribución física, existe una documentación e información para controlarla. Esto indica que todos los procesos se pueden monitorear y señalan que para lograrlo se requiere de unos pocos indicadores que ayuden a la proposición de mejoras.

Los sistemas de medición del desempeño pueden clasificarse de diferentes formas según Balfaiah *et al.* (2016):

- Desde la perspectiva del *Balanced Scorecard* (*BSC*): financiera, cliente, proceso interno de negocio, aprendizaje y crecimiento.
- Tomando en cuenta los componentes de las métricas: recursos, resultados y flexibilidad.
- A partir de los enlaces en la cadena de suministro: plan, fuente, fabricación y entrega.
- Desde los niveles de toma de decisiones: estratégicos, tácticos y operacionales.
- Por la naturaleza de las medidas: financieras y no financieras.
- Con respecto a la base de medición: cuantitativa y no cuantitativa.
- Por las medidas tradicionales frente a las medidas modernas: basadas en funciones o en el valor.

Tanto en la práctica como en el mundo académico, estas clasificaciones difieren unas de otras. Cada caso es particular y adopta el que mejor considera para el desarrollo de sus operaciones. Existen estos, y muchos más del tipo multicriterio, sin

embargo, este trabajo se va a realizar con el *AHP*, considerado como apto para el tipo de problemas que se tienen y reconocido popularmente a nivel mundial por su buen desempeño en la práctica.

## 2.4 MÉTODO *AHP*

En el pasado, las decisiones estaban basadas en experiencia e intuición, con el tiempo la toma de decisiones se ha vuelto más compleja y surge la necesidad de tomarlas, basadas en conocimiento y razonamiento, esto último se logra al integrar lo racional del proceder científico y lo emocional del comportamiento humano. Este reto, desató la carrera en diferentes escuelas por desarrollar métodos que pudieran responder a dicha necesidad. La metodología resultante debía ser de acuerdo a Moreno (2002):

- Simple en su construcción.
- Adaptable a las decisiones individuales y en grupo.
- En consonancia con los pensamientos, valores e intuiciones.
- Orientada a la búsqueda del consenso.
- Que no requiera una especialización suprema para su aplicación.

Uno de los métodos que surgió de este proceso fue el método *AHP* o proceso analítico jerárquico, el cual se puede definir como un método de ayuda en la toma de decisiones del tipo multicriterio, que genera prioridades numéricas a partir de criterios subjetivos y las organiza en matrices de comparación pareada (Sarache *et al.*, 2009). Esta metodología fue acuñada por Tomas L. Saaty en 1980 y diseñada para resolver problemas complejos de criterios múltiples, que inclusive le hizo ganar la medalla de oro de la Sociedad Internacional de Toma de Decisiones Multicriterio por sus contribuciones en ésta área (Saaty, 2008).



A modo de resumen Jiménez (2004) declara que: «*AHP permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes; visualizar los efectos de cambios en los niveles, y sintetizar*».

Algunas ventajas de *AHP* frente a otros métodos de decisión multicriterio según el mismo autor son:

- Tiene un sustento matemático.
- Permite dividir y analizar un problema por partes.
- Permite medir criterios cualitativos y cuantitativos en una escala común.
- Incluye la participación de una o más personas o grupos de interés para generar un consenso.
- Permite verificar el índice de consistencia y realizar las correcciones si es del caso.
- Genera una síntesis y permite realizar análisis de sensibilidad.
- Es de fácil uso y permite que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

La desventaja que se le atribuye surge de la aparición de diversas escuelas de pensamiento y con ello, diferentes metodologías para resolver problemas multicriterio, de las cuales ninguna tiene una supremacía sobre otra. Además, las debilidades atribuidas provienen de una incorrecta aplicación por desconocimiento de sus fundamentos teóricos. En general esta técnica es considerada como una de las pocas que ofrece una verdadera axiomatización teórica, además de ser una de las que mejor comportamiento práctico presenta (Moreno, 2002).

Otros métodos multicriterio que existen según Berumen y Llamazares (2007) son:

- Ponderación lineal (*scoring*).
- Utilidad multiatributo (*MAUT*).
- Relaciones de sobreclasificación.

Existen otros métodos de decisión multicriterio. En este trabajo se toma el *AHP* por sus ventajas, entre ellas la aplicación para dar solución para sistemas de selección y por la el exitoso comportamiento práctico que presenta.

Según Toskano (2005) el esquema metodológico del *AHP* puede realizarse en los siguientes 3 pasos:

**PASO 1:** estructuración del modelo jerárquico. En donde se identifica el problema, se define el objetivo, se plantean los criterios y se elabora el árbol de jerarquías. Para realizar el primer paso en la elaboración del árbol de jerarquías, los niveles de jerarquización describen un sistema, donde el más bajo es el conjunto de alternativas posibles, el cual le subyace a un nivel intermedio, conformado por los criterios y subcriterios, hasta llegar al nivel más alto, constituido por los objetivos generales (Sarache *et al.*, 2009). La figura 2.2 muestra dicha estructura.

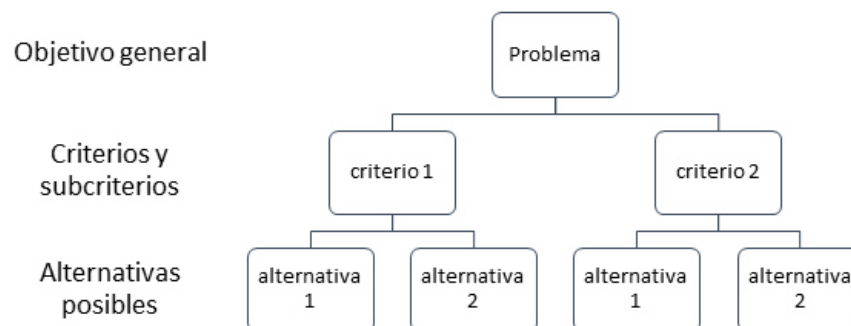


Figura 2.2: Árbol de jerarquías del método *AHP*.

Fuente: Toskano (2005).

**PASO 2:** evaluación del modelo. En donde se establecen las prioridades, se emiten juicios y evaluaciones. La mayor fortaleza del *AHP* recae en la habilidad para estructurar jerárquicamente un problema complejo, multiobjetivo y multipersonas, para

luego investigar cada nivel de jerarquización por separado, combinando los resultados a medida que progresa el análisis (Sarache *et al.*, 2009).

De tal modo que, tanto la información cualitativa como cuantitativa puede ser usada para determinar el peso y prioridad de cada criterio. Hass y Meixner (2007) proponen definir los criterios mediante juicios que determinen el nivel que le corresponde. Para esto se puede utilizar una comparación por pares, en donde la importancia relativa de un criterio sobre otro pueda verse expresada. En esta comparación se usa la escala de valoración de Saaty para indicar la importancia de cada criterio sobre otro.

Ahora bien, la base matemática o teórica del método *AHP* comprende los axiomas contenidos en la tabla 2.3, de acuerdo a Jiménez (2004); Rodríguez y López (2013).

Tabla 2.3: Axiomas del método *AHP* (Jiménez, 2004)

<b>Axioma 1</b> (Reciprocidad): juicios recíprocos.	La intensidad de preferencia de $A_i/A_j$ es inversa a la preferencia de $A_j/A_i$ . ( $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ; $a_{ij} = 1$ )
<b>Axioma 2</b> (Homogeneidad): homogeneidad de los elementos.	Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud, con respecto a una misma propiedad.
<b>Axioma 3</b> (Dependencia): condición de estructura jerárquica, o estructura dependiente de reaprovisionamiento.	Determinar y controlar el tipo de dependencia entre los elementos de dos niveles consecutivos en la jerarquía y dentro de un mismo nivel.
<b>Axioma 4</b> (Cumplimiento): condición de expectativas de orden de rango.	Las expectativas deben estar representadas en la estructura (modelos) en términos de criterios y alternativas.

El axioma 1, hace referencia a que el juicio o valoración que se asigna en una posición de la matriz de pesos, será inversa en la posición opuesta, es decir, si en la posición  $a_{ij} = 5$ , la valoración numérica en la posición  $a_{ji} = 1/5$ . Esto aplica para todas las matrices sin importar su tamaño.

El axioma 2, significa que se comparan las alternativas entre sí para un mismo criterio, subcriterios entre sí, y criterios entre sí. Es decir, las alternativas de un

criterio no se comparan frente a las alternativas de otro criterio, sólo entre sus mismas alternativas.

El axioma 3, dado que un problema se descompone en partes y se organiza en un árbol jerárquico, un elemento siempre depende de un elemento superior y de los elementos que se encuentren en su mismo nivel.

El axioma 4, la forma en que se organiza la estructura del árbol de jerarquías debe ir ordenado por rangos ya sea de tipo criterio o de alternativa.

PASO 3: muestra el resultado final. Donde se realiza la síntesis y el análisis de sensibilidad. El resultado sería entonces un conjunto de prioridades totales organizados por prioridad que permiten sintetizar lo tangible y lo intangible, lo objetivo y lo subjetivo, lo racional y lo emocional en una escala de razón válida para la toma de decisiones (Moreno, 2002).

### 2.4.1 ESCALA DE VALORACIÓN

Ahora bien, la escala fundamental que se muestra en la tabla 2.4 , representa las intensidades de los juicios según Moreno (2002); Rodríguez y López (2013).

Los valores 2, 4, 6 y 8 se suelen usar en situaciones intermedias o valores intermedios de preferencia, y las cifras decimales en estudios de gran precisión (Saaty y Ozdemir, 2003; Osorio *et al.*, 2008).

Esta escala comprende un significado psicológico que corresponde a los estímulos y sensaciones de las neuronas cerebrales y en donde para percibir un cambio en cualquier estímulo es necesario que éste supere un porcentaje pequeño del valor inicial. También se tiene una explicación pragmática por la tradición humana de contar con los diez dedos, por lo que el cero y el infinito no se consideran, al encontrar que se pierde precisión al incluirlos en comparaciones. Además de su justificación teórica,

Tabla 2.4: Escala fundamental de juicios del método *AHP* (Moreno, 2002)

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	Moderadamente más importante un elemento que otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
5	Fuertemente más importante un elemento que otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro.	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica.
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.

se ha comprobado la efectividad de esta escala en situaciones reales para las cuales se ha comportado adecuadamente (Moreno, 2002).

## 2.4.2 BASE MATEMÁTICA

Como la comparación entre todas las alternativas es casi imposible, *AHP* permite realizar comparaciones pareadas, es decir, entre cada dos alternativas. Teniendo en cuenta los axiomas en los que se fundamenta el método, el resultado de las comparaciones resulta en una matriz de relaciones paralelas, conocida como matriz de comparaciones pareadas y se realiza entre criterios y alternativas (Jiménez, 2004; Rodríguez y López, 2013).

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

En la matriz  $\mathbf{B}$  de relaciones paralelas cada elemento  $a_{ij}$  representa la importancia relativa entre la alternativa 1 y 2. Esta importancia relativa se proporciona con la escala numérica de valoración de Saaty.

Si en la matriz  $\mathbf{B}$  de relaciones paralelas cada elemento  $a_{ij}$  es remplazado por un valor numérico de la escala de valoración de Saaty, se obtiene una matriz de pesos o también conocida como matriz de juicios.

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{pmatrix}$$

- Síntesis

Una vez elaborada la matriz de pesos se calcula la priorización de cada uno de los elementos que se comparan. A esto se le conoce como sintetización. Existen tres métodos de priorización para la matriz de pesos según Moreno (2002):

- Método de las potencias: «*Se obtiene elevando la matriz de juicios a una potencia suficientemente grande, sumando por filas y normalizando estos valores mediante la división de la suma de cada fila por la suma total. El proceso concluye cuando la diferencia entre dos potencias consecutivas sea pequeña*».

- Método de normalización: «*es ampliamente utilizado en los últimos años por sus propiedades calculistas y psicológicas, también conocido como modo distributivo o normalización de la media geométrica por filas (la raíz  $n$ -ésima del producto de los elementos de la fila)*». Este valor coincide con el obtenido por el método de Saaty (autovector principal por la derecha) cuando  $n \leq 3$ , y da valores aproximados para cualquier otro valor de  $n > 3$ .

- Métodos elementales: «*Usados esporádicamente para obtener una solución aproximada y son: el del promedio por filas de los elementos normalizados de cada*

*columna de la matriz (normalización aditiva) y la normalización de la suma de los elementos de cada fila».*

La normalización aditiva (AN), según Jaramillo y Vélez (2012) surge como un procedimiento de normalización de columnas que ha llamado la atención como una aproximación conveniente. *«El amplio uso en la práctica y la popularidad del método AN se debe a su extrema simplicidad, aunque pueda ser considerado inferior, puede desempeñarse mucho mejor que métodos más sofisticados comparables».*

Su procedimiento se puede realizar en tres pasos según Toskano (2005):

PASO 1: sumar los valores en cada columna de la matriz de pesos.

PASO 2: dividir cada elemento de dicha matriz entre el total de su columna; a la matriz resultante se le denomina matriz de pesos normalizada.

PASO 3: calcular el promedio de los elementos de cada fila de la matriz de pesos.

Finalmente se obtiene un vector de prioridades con el cual se procede a realizar la evaluación de la razón de consistencia.

- Matriz de prioridades

Las prioridades de cada criterio se consideran en términos de la meta global.

$$\begin{array}{l} \textit{Criterio 1} \\ \textit{Criterio 2} \\ \dots \\ \textit{Criterio m} \end{array} \left( \begin{array}{c} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{array} \right)$$

donde  $m$  es el número de criterios y  $P'_i$  es la prioridad del criterio  $i$  con respecto a la meta global, para  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Se le llama matriz de prioridades a la que resume las prioridades para cada alternativa en términos de cada criterio. Para  $m$  criterios y  $n$  alternativas tenemos:

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nm} \end{pmatrix}$$

donde  $P_{ij}$  es la prioridad de la alternativa  $i$  con respecto al criterio  $j$ , para  $i = 1, 2, \dots, n$ ; y  $j = 1, 2, \dots, m$ .

La prioridad global para cada alternativa se refleja en el vector columna y éste resulta del producto de la matriz de prioridades con el vector de prioridades de los criterios.

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \cdots \\ P'_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \cdots \\ Pg_n \end{pmatrix}$$

donde  $Pg_i$  es la prioridad global (respecto a la meta global) de la alternativa  $i$  donde ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

- Razón de consistencia

La calidad de la decisión final depende de la consistencia de los juicios emitidos por los tomadores de decisiones que participan en las comparaciones pareadas (Toskano, 2005). En este punto se debe considerar que la consistencia perfecta es difícil de lograr, de hecho es normal que se presente cierta inconsistencia en cualquier matriz de comparaciones pareadas, debido a que son juicios proporcionados por seres humanos.



Para conocer esto, se aplica un método que mide el grado de consistencia, si el grado de consistencia es inferior o igual al 10% se considera aceptable, por el contrario, si es superior a este porcentaje, quien toma las decisiones debe modificar los juicios iniciales sobre las comparaciones pareadas para continuar con el análisis (Saaty y Ozdemir, 2003).

De forma matemática se dice que una matriz de comparación  $\mathbf{A}_{n \times n}$  es consistente si:  $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$ , para  $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ . Esta propiedad requiere que filas y columnas de  $\mathbf{A}$  sean linealmente dependientes. En particular, las columnas de cualquier matriz de comparación  $2 \times 2$  son dependientes y, por lo tanto una matriz  $2 \times 2$  siempre es consistente (Toskano, 2005).

Para determinar si un nivel de consistencia es o no razonable, se requiere desarrollar una medida cuantificable para la matriz de comparación  $\mathbf{A}_{n \times n}$  (donde  $n$  es el número de alternativas o criterios a comparar). Se sabe que si la matriz  $\mathbf{A}$  es perfectamente consistente produce una matriz  $\mathbf{N}_{n \times n}$  normalizada, de elementos  $w_{ij}$  (para  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ), tal que todas las columnas son idénticas, es decir,  $w_{12} = w_{13} = \dots = w_{1n} = w_1; w_{21} = w_{23} = \dots = w_{2n} = w_2; w_{n1} = w_{n2} = \dots = w_{nn} = w_n$ .

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} w_1 & w_1 & \cdots & w_1 \\ w_2 & w_2 & \cdots & w_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n & w_n & \cdots & w_n \end{pmatrix}$$

De la definición dada de  $\mathbf{A}$ , se tiene:

$$\begin{pmatrix} 1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

De forma más compacta, se dice que  $\mathbf{A}$  es consistente si y sólo si,  $\mathbf{A}\mathbf{W} = n\mathbf{W}$ .

donde  $\mathbf{W}$  es un vector columna de pesos relativos  $W_i$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) se aproxima con el promedio de los  $n$  elementos del renglón en la matriz normalizada  $\mathbf{N}$ . Haciendo  $\bar{W}$  el estimado calculado, se puede mostrar que:

$$A\bar{W} = n_{max}\bar{W}$$

donde  $n_{max} \geq n$ . En este caso, entre más cercana sea  $n_{max}$  a  $n$ , más consistente será la matriz de comparación  $\mathbf{A}$ .

Como resultado, el *AHP* calcula la razón de consistencia (**RC**) como el cociente entre el índice de consistencia de (**IC**), y el índice de consistencia aleatorio de (**IA**) (Moreno, 2002).

$$\mathbf{RC} = \frac{IC}{IA} \quad (2.2)$$

donde **IC** se calcula como:

$$\mathbf{IC} = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (2.3)$$

El valor de  $n_{max}$  se calcula de  $\mathbf{A}\bar{W} = n_{max}\bar{W}$ , observando que la  $i$ -ésima ecuación es:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}\bar{W}_j = n_{max}\bar{W}_i, i = 1, 2, \dots, n$$

dado que  $\sum_{i=1}^n \bar{W}_i = 1$ , obtenemos:

$$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{W}_j \right) = n_{max} \sum_{i=1}^n \bar{W}_i$$

Esto significa que el valor de  $n_{max}$  se determina al calcular primero el vector columna  $\mathbf{A}$  y después sumando sus elementos.

El  $\mathbf{IA}$  es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria. El  $\mathbf{IA}$  se estima como:

$$\mathbf{IA} = \frac{1.98(n-2)}{n}$$

Debido a que el  $\mathbf{IA}$  depende del número de elementos que se comparan, se puede otorgar la estimación que se presenta en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Los valores del índice de consistencia aleatorio para los diferentes  $n$  (Jaramillo y Vélez, 2012)

Nro. de elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mathbf{IA}$	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

La razón de consistencia permite definir hasta qué punto los juicios emitidos no están influenciados por contradicciones (Jaramillo y Vélez, 2012).

$\mathbf{RC} \leq 0.10$  : consistencia razonable.

$\mathbf{RC} > 0.10$  : inconsistencia.

Una forma sencilla de entender una contradicción es teniendo como alternativas: A, B, C. Al comparar por pares, el tomador de decisiones puede decir que A es mayor que B, y luego decir que B es mayor que C; pero al comparar A y C, dice que A es menor que C. Esto genera una contradicción en la lógica planteada y se considera como una inconsistencia.

El ser humano puede procesar una cantidad limitada de información simultánea-

mente. *AHP* toma esto en consideración al momento de comparar elementos de forma pareada. Lo cual permite, realizar un proceso de manera eficiente y consistente, que resulta finalmente en una exactitud confiable y válida. Este límite es siete más o menos dos elementos, se fundamenta en la psicología y es conocido como el número mágico de Miller  $7 \pm 2$ .

Si bien este límite permite que consideremos un máximo de nueve elementos para comparar entre sí, Saaty y Ozdemir (2003) recomiendan con base a su estudio sobre el tema, que el número de elementos sea menor o igual a siete. Esto con el objetivo de evitar que se genere una alta inconsistencia, tal parece que a mayor número de elementos mayor es la misma.

Cuando el número de elementos es igual o menor a siete el juicio más inconsistente es fácil de determinar y el individuo que proporciona las sentencias puede cambiarlo en un esfuerzo por mejorar la inconsistencia general. Mientras que al considerar más elementos, la incoherencia requiere sólo pequeñas perturbaciones y para el tomador de decisiones es difícil determinar el juicio que debe cambiar para mejorar la validación del resultado. La mente es suficientemente sensible para mejorar grandes inconsistencias, pero no pequeñas.

Así pues, la cantidad de elementos que se comparan en *AHP* deben ajustarse al número mágico de Miller, considerando un máximo de nueve, y es recomendable usar hasta siete, con el fin de evitar inconsistencias.

Por otra parte autores como Moreno (2002), Berumen y Llamazares (2007) consideran que: «*Si el conjunto de alternativas que se están comparando respecto a un nodo común es elevado (superior al valor 9 del número mágico de Miller), será preciso recurrir a medidas absolutas (ratings) o separar el total de alternativas en grupos más pequeños (menos de 9 elementos)*».

En cualquier caso, si el RC es mayor de lo deseado, Saaty y Ozdemir (2003) recomienda hacer lo siguiente:

1. Encontrar el juicio más incoherente de la matriz.
2. Determinar la gama de valores a los que se puede cambiar ese juicio, de manera que se mejore la inconsistencia.
3. Pedirle al tomador de decisiones que considere, si puede cambiar su juicio a un valor dentro de ese rango. Si no está dispuesto, se intenta con el segundo juicio más inconsistente y así sucesivamente. Si no se cambia el juicio, la decisión se pospone hasta que se obtenga una mejor comprensión de los estímulos.

### 2.4.3 APLICACIONES

Este método ha sido ampliamente usado a nivel mundial en diferentes industrias y para diversos fines, comprobando en múltiples estudios con historias exitosas (Meesariganda y Ishizaka, 2017). Algunos campos de aplicación de esta metodología, para destacar algunos que menciona Saaty (2008) son:

- Administración pública: se han producido muchas aplicaciones. Es el caso de el Estado de Carolina del Norte, que la utilizó para desarrollar criterios de evaluación y asignar calificaciones a los proveedores, lo que lleva a los tomadores de decisiones a la selección de un proveedor de mejor calificación. También El Departamento de Defensa en los EE.UU. utiliza *AHP* con frecuencia y extensamente para asignar sus recursos a diversas actividades.
- Logística humanitaria: en 2001, fue utilizado para determinar el mejor sitio de reubicación para el terremoto que devastó la ciudad turca de Adapazari.
- Conflictos: el proceso se aplicó a los EE.UU. contra China, en los conflictos por los derechos de propiedad intelectual de 1995 por la copia de música, cintas de vídeo, software y CDs. Un análisis *AHP* involucra tres jerarquías para los beneficios, costos y riesgos. Demostró que era mucho mejor para los EE.UU. no sancionar a China.

- Designación de recursos: Xerox Corporation ha utilizado el *AHP* para destinar cerca de mil millones de dólares para sus proyectos de investigación.
- Satisfacción de clientes: en 1999, la Ford Motor Company utiliza el *AHP* para establecer prioridades para los criterios que mejoren la satisfacción del cliente.
- Admisiones: se ha utilizado en la admisión de alumnos, promociones de personal militar y las decisiones de contratación, además de varias aplicaciones militares y políticas.
- Industria manufacturera: es la principal industria de aplicación y se ha usado para selección de proveedores (British Airways lo utilizó en 1998 para elegir el proveedor del sistema de entretenimiento para toda su flota de aviones), la evaluación de la cadena de suministro, la selección de ubicación (una empresa lo utilizó en 1987 para elegir el mejor tipo de plataforma para perforar, en busca de petróleo en el Atlántico Norte), sistemas de selección o evaluación y evaluación de estrategias, son los problemas más comunes que se resuelven mediante *AHP* en esta industria.

Y en general, el método *AHP* se ha utilizado como una herramienta de decisiones gerenciales en muchas industrias para la evaluación de estrategias, evaluación del desempeño, diseño de productos y procesos, evaluación de riesgos, sistemas de selección, análisis de costo/beneficio, evaluación de la calidad, y la medición de objetivos (Sipahi y Timor, 2010).

Por otra parte y según los mismos autores, durante el periodo 2005-2009, aumentó exponencialmente el número de publicaciones que incluyen *AHP* en sus estudios, y en general se proyecta que dicha tendencia se mantenga en el tiempo. Las aplicaciones han sido dominantes en la industria de la manufactura, seguido por la ambiental y el campo de la agricultura, la industria de la energía, del transporte, la construcción y la salud. Otros campos de aplicación notables incluyen la educación, la logística, el comercio electrónico, TI, I + D, entre otros.

El método *AHP* ha sido complementado con otras metodologías para mejorar estudios de investigación, algunos de estos métodos y los más usados son: simulación, *TOPSIS*, *GIS*, programación, *DEA*, *Delphi*, *Balanced Scorecard* y lógica difusa.

El uso de este método es popular a nivel mundial dentro del campo de decisiones multicriterio, los países en los que se ha implementado y por orden de importancia en cantidad de artículos publicados, según los mismos autores son: Taiwán, Turquía, EE.UU., China y Corea.

#### 2.4.4 ESTUDIOS PREVIOS

Cabe precisar entonces que para abordar estudios previos relacionados con la selección de indicadores o medidas de desempeño:

- Se descubrió una investigación sobre la evaluación de la eficiencia en la gestión de la calidad total o *Total Quality Management* (*TQM*, por sus siglas en inglés), de actividades en empresas coreanas por medio de la combinación del método *AHP* y las metodología *DEA*. *AHP* en este caso, se aplicó para cuantificar el peso de los factores de éxito en el *TQM* y para generar los datos de entrada y de salida, luego se utilizó *DEA* para evaluar la eficiencia de las actividades del *TQM* en diversas empresas (Kang y Lee, 2010).
- En otro estudio se utilizó *AHP* con lógica difusa para determinar la medida ideal para indicadores de desempeño existentes en una cadena de suministro en ambiente de incertidumbre, miraron el comportamiento histórico del indicador y luego escogieron un grupo de expertos, para que asignara un peso relativo al indicador de acuerdo a su criterio, después cada experto dijo cuál sería la meta del indicador y se le asigna a esto una puntuación difusa de desempeño (Arango *et al.*, 2010).
- Se estudió un proceso integrado que permite, la construcción de un modelo

de medición del desempeño. Aquí, los criterios de desempeño fueron tomados previamente de la literatura además de un cuestionario a expertos, para finalmente obtener la construcción de un modelo de medición del desempeño (Sipahi y Timor, 2010).

- Definió con *AHP* y la opinión de expertos, los factores críticos de éxito de la cadena de suministro, mediante matriz normalizada por columnas y vector de promedio por filas de la matriz normalizada (Jiménez, 2004). Este estudio fue elegido como documento base por su similitud en términos generales con esta tesis, principalmente por las fases que se tomaron en consideración en éste y que sirvieron de guía para el desarrollo de la metodología. Las tres fases del estudio fueron:
  1. Investigación bibliográfica y diseño del modelo: en esta etapa se llevó a cabo una investigación bibliográfica, se extrajeron los elementos o factores relevantes para el buen desempeño de la gestión de la cadena de suministro, se construyó una taxonomía que sirvió de base para determinar las fuentes principales de desempeño de la cadena, se construyó el modelo jerárquico y se diseñaron los cuestionarios que se aplicaron a los actores logísticos del proceso de suministro.
  2. Aplicación de la encuesta: la encuesta se aplicó vía correo electrónico, y consistió en dos etapas. En la primera, se buscó que los actores logísticos proporcionaran los factores estratégicos empleados en la gestión de la cadena de suministro y sus principales intereses en la gestión. La segunda consistió en identificar el grado de preferencia o jerarquización que otorgan a los distintos factores identificados.
  3. Resumen de resultados y desarrollo de modelos jerárquicos: la información de la fase anterior se procesó y se obtuvieron los datos que alimentaron el modelo jerárquico. Utilizando la técnica multicriterio *AHP*, se identificaron las preferencias sobre los factores críticos de éxito, y se evaluaron las alternativas



de gestión de la cadena de suministro, es decir, se formalizaron las dependencias e interrelaciones entre los actores y factores.

## 2.5 CLASIFICACIÓN ABC

El análisis ABC es también conocido como ley 80/20, o principio de Pareto. En 1897, un estudio realizado por el economista italiano Wilfrido Pareto, arrojó que el 20 % de las personas posee el 80 % de las riquezas. Este principio puede aplicarse en diferentes ámbitos y conforma un estilo de gerencia, en la cual se separan los «*pocos vitales*» de los «*muchos triviales*». En gestión de inventarios, el principio de Pareto significa que unos pocos materiales representan la mayor parte del valor de inversión, entendiendo valor de inversión como el producto de las cantidades por el costo por unidad (Suárez, 2016).

Según Muller (2005): «*No es posible controlar aquello que no se puede encontrar*». Por lo tanto, los materiales o inventarios pueden identificarse individualmente por *SKU* o *ítems*. El objetivo de clasificar los *SKU* por grupos es establecer el grado de control adecuado sobre cada uno y los costos relacionados, al dedicar tiempo y esfuerzo al elemento de donde se obtienen los mayores beneficios (Tejada, 2014).

De acuerdo al mismo autor los artículos tipo A son aquellos cuyo valor acumulativo está entre el 70 % y el 80 % del valor total del inventario (o consumo), y entre el 10 % al 20 % de los artículos están en esta categoría.

El mismo autor y Heizer y Render (2004) consideran que sus características son:

- Requiere revisión más constante que los demás y una ubicación más segura.
- Deben mantenerse registros más detallados y exactos de inventario.
- Incluye pocos artículos con un alto impacto.

- Requieren de la mayor revisión y atención administrativa.
- El pronóstico merece más cuidado.
- Deben revisarse los parámetros de decisión frecuentemente.

Continuando con la clasificación B, esta abarca entre el 30 % y el 40 % de los artículos del inventario, que representan entre el 15 % y 20 % del valor total del inventario (o consumo). Sus características son:

- Registros menos detallados de inventario.
- Incluye muchos artículos con un impacto moderado.
- Requieren de una revisión media, control automatizado.

Por último, la clasificación C, conforma entre el 5 % y 10 % del valor total del inventario, conteniendo del 40 % al 50 % de los artículos, y sus características son:

- Requiere revisión esporádica.
- Registros sencillos de inventario.
- Incluye muchos artículos con un impacto inferior.
- Requieren de una revisión baja.
- Sistemas de medición lo más sencillos posibles.
- Reducen el tiempo perdido.

Los porcentajes son sólo indicativos, ya que varían según el tipo de sistema (Suárez, 2016). La segmentación no siempre ocurre de forma tan clara, el objetivo es separar lo más importante de lo «menos importante» (Tejada, 2014).

## 2.6 CONCLUSIÓN

Tanto compras como inventarios son consideradas como directrices lógicas e interfuncionales que dictan el desempeño de una cadena de suministro. Ambas pueden ser utilizadas para lograr un equilibrio entre la capacidad de respuesta y la eficiencia en costos. Lograr esto no es sencillo y es más complejo si se presenta en un panorama globalizado. Esto implica más eslabones en la cadena y más mercados, atractivos para algunas empresas por sus precios más bajos y una mano laboral a bajo costo. Estas oportunidades representan riesgos comerciales por el desconocimiento en transacciones de este tipo, y para ser aprovechadas las empresas deciden subcontratar algunos procesos a fin de disminuir el riesgo y aumentar los beneficios. No obstante, se debe considerar antes, el costo mayor de coordinación y los riesgos que esto también implica.

De cualquier modo, todos los procesos requieren de medición y control para garantizar el nivel de competitividad y rentabilidad deseado. No todo lo que se puede contar cuenta o es importante, en este caso el interés es medir indicadores que ayuden a disminuir el desabastecimiento. Este se puede presentar cuando el producto no está disponible, no se encuentra en condiciones de venta o no se encuentra en el lugar esperado. Ya ha sido identificado como un problema recurrente en minoristas y afecta las finanzas de la empresa.

Las causas de desabastecimiento son diversas debido a que se producen por la rotura en alguno de los eslabones de la cadena de suministro. Incluyen errores humanos, por procesos y de sistemas.

El término *KPIs* también conocido como indicadores clave de desempeño o rendimiento, se refiere a la valoración y evaluación de la diferencia entre la planeación y la ejecución cuyo análisis puede orientarse a describir, comparar, explicar o prever hechos. Hacen parte de los indicadores de gestión y a pesar de su importancia las empresas tienen dificultades para adoptarlos. En parte porque es una tarea extensa

debido al gran número de indicadores que existen. Por ello se recomienda la selección de unos pocos que sean adecuados, lo cual impulsa el mejoramiento, alineación con la ventaja competitiva y eleva el desempeño de la empresa.

Para lograr la selección de unos pocos indicadores se puede usar el método *AHP*. Un método cualitativo y cuantitativo, flexible, aplicable en toma de decisiones individuales y en equipo, uno de los pocos que ofrece una axiomatización teórica y que mejor comportamiento práctico presenta. Con una aplicación notable en el campo de la logística y usado para evaluación del desempeño, sistemas de selección y medición de objetivos. Se puede desarrollar en tres pasos y comprende una axiomatización y una escala de valoración que deben tenerse en cuenta para su correcto uso. Ha sido usado para otros estudios como en la obtención de medidas ideales de indicadores, determinación de factores críticos de éxito en la cadena de suministro, evaluación de *TQM* y en la construcción de un modelo de medición de desempeño.

Con el método *AHP* se jerarquiza por orden de importancia y los pocos importantes pueden ser determinados de acuerdo al principio de Pareto, para dedicar tiempo y esfuerzo a aquellos de donde se obtienen los mayores beneficios.

## CAPÍTULO 3

# METODOLOGÍA

---

Cada empresa persigue objetivos de diferentes maneras. Lo ideal es apuntar a lograr una ventaja competitiva en el mercado al que atiende. La ventaja competitiva la diferencia de otras empresas y al mismo tiempo orienta sus operaciones. Para ello, debe contar con herramientas que le permitan conocer el estado de sus procesos, para después de un análisis de los resultados arrojados, comprender hechos del pasado y tomar decisiones que en un futuro la acerquen más a sus metas organizacionales, consiguiendo así mejoras continuas mediante la medición y el monitoreo. En este capítulo se presenta la propuesta de solución al problema planteado. La metodología comprende cinco etapas y se utilizan los métodos *AHP* y Pareto para conseguirlo.

### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Las etapas de la metodología se describen a modo de resumen en la figura 3.1.

Como primera medida para el desarrollo de la metodología en este estudio, y de acuerdo a Barnes (2015), para seleccionar indicadores, se deben determinar las prioridades de la empresa. Ya sea en caso de medir los niveles de servicio de proveedores o de la consistencia de las operaciones de plantas, las métricas deben ir orientadas a medir lo que es más importante o crítico para la compañía, y que al

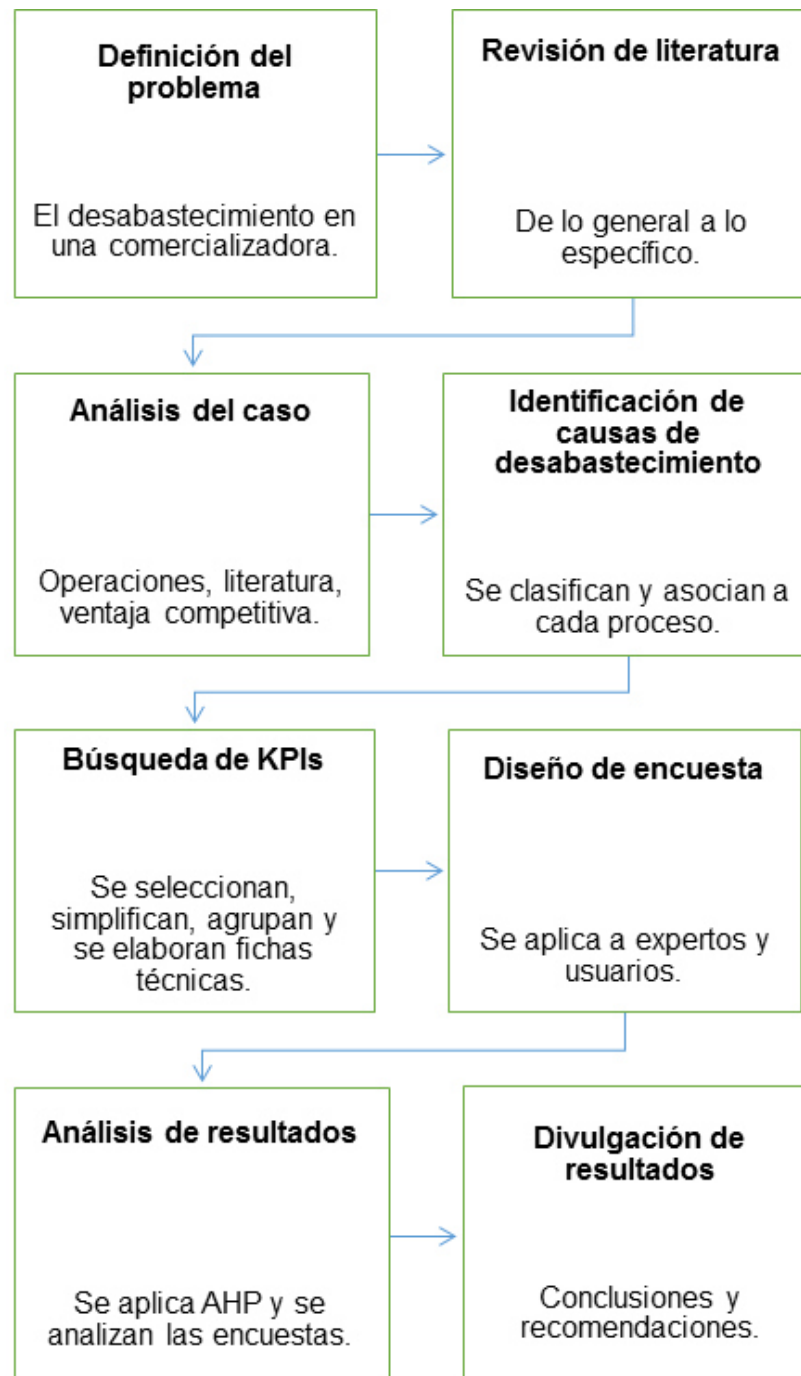


Figura 3.1: Diagrama de la metodología.

mismo tiempo sea significativo para los grupos de interés. Si es posible, vincular las métricas específicamente, a las prioridades y los objetivos estratégicos de la empresa.

En este punto, se indagó acerca de las prioridades en objetivos que tiene la empresa incluyendo la ventaja competitiva para realizar una alineación con respecto a la determinación de indicadores de desempeño.

A continuación, se realizó un análisis del caso y se referenciaron las principales causas de desabastecimiento y algunas soluciones encontradas en la literatura para hacer frente a este problema, dichas causas se reunieron por eslabón o proceso en la cadena de distribución, y se identificaron dos factores en los que se podían reunir todas las causas. Tales factores son pedido e inventario y se nombraron como los criterios para el modelo *AHP*.

Específicamente, se buscaron tanto indicadores o medidas de desempeño dentro de la cadena de distribución, esto es, en los procesos de abastecimiento, almacenamiento y distribución, como indicadores de gestión y logísticos. Se buscaron indicadores de desempeño que tuvieran relación con estos criterios y las causas de desabastecimiento antes encontradas.

Posteriormente se diseñaron fichas técnicas, una por cada indicador, las cuales contienen: objetivo, definición, periodicidad, fórmula, unidad de medida, parámetro inicial e importancia para ayudar en la disminución del desabastecimiento.

Con los criterios de pedido e inventario y los indicadores de desempeño como alternativas, se procedió a construir el modelo jerárquico o árbol de jerarquías del método *AHP*, para determinar la relevancia de cada indicador e identificar los más importantes para la empresa (*KPIs*). Para esto último se diseñó una encuesta de opinión a usuarios involucrados con los procesos en la cadena de distribución, y a un grupo de expertos en la cadena de suministro. Los resultados muestran los *KPIs* para disminuir el desabastecimiento en la empresa caso de estudio, según sus empleados y según expertos.

Finalmente se analizan los resultados obtenidos y se realizan las conclusiones y recomendaciones para la empresa, además del trabajo a futuro.

Cabe destacar que toda la información relacionada en esta investigación, es facilitada por bases de datos como lo son: Ebsco Host, Emerald Insight, Google Académico, entre otras fuentes académicas como revistas internacionales y libros especializados.

## 3.2 ANÁLISIS DEL CASO

La empresa es una comercializadora de insumos de soldadura, los cuales adquiere con proveedores nacionales e internacionales. El proyecto está enfocado en la cadena de distribución de los insumos de soldadura importados desde China, que actualmente corresponden a doce productos para abastecer la demanda en México. La venta de insumos de soldadura se realiza en tiendas minoristas y adicionalmente cuentan con oficinas para la venta especializada en grandes volúmenes. La figura 3.2 muestra las regiones comerciales a nivel nacional.



Figura 3.2: Regiones comerciales en México.  
Fuente: Pérez (2016).

Pese al fuerte crecimiento en ventas, la compañía, está experimentando un desabastecimiento crítico y recurrente, el cual ha notado en el momento en que



los clientes solicitan una compra y no hay suficientes existencias para satisfacerla, esta situación involucra además pérdida de interés en realizar la compra debido al extenso y variable tiempo de espera al que deben someterse los clientes. Lo anterior es importante al considerar que la ocurrencia del desabastecimiento generalmente se puede percibir de dos maneras: con pedidos pendientes o ventas perdidas, en el primer caso la cadena de suministro puede satisfacer plenamente la demanda cuando tenga inventario disponible, o en el segundo caso se pierde la demanda cuando no puede satisfacerse (Williams y Tokar, 2008).

Lo anterior se debe a que el tiempo de entrega, que se refiere al tiempo que transcurre desde que se realiza una compra a sus proveedores en China hasta que se recibe, es altamente incierto y factores como la distancia, tiempos de fabricación, tiempos de tránsito y tiempos de retraso en puertos, hacen que varíe en un rango de 6 a 7 semanas, dificultando el proceso de reaprovisionamiento constante y por ende impiden asegurar la disponibilidad de producto de forma rápida. Así, contar con un tiempo de entrega estable, podría evitar efectos no deseados para la cadena de suministro, tales como retrasos en los demás procesos, desabastecimiento, mayores costos, disminución o pérdida de ventas, pérdida de clientes, entre otros. Todos estos efectos en definitiva, impiden brindar un nivel de coordinación planeado o diseñado (Shahpouri *et al.*, 2013), en este caso por el departamento de compras encargado de gestionar la cadena de distribución.

Es por esto que en el caso de un minorista, mayorista o distribuidor, puede haber una política en la cual, cualquier falta de existencias, independiente de su tamaño, justifica una investigación de algún tipo, ya bien sea un examen de las causas fundamentales, la reevaluación de proveedores, un análisis de las políticas de mitigación, entre otros (Son y Orchard, 2013).

### 3.2.1 DEMANDA

La demanda de insumos de soldadura proviene ya sea de sus puntos de venta minorista que corresponde a 114 tiendas ubicadas en todo el territorio y las cuales aportan el 30 % de las ventas totales, o por sus oficinas RTVS que aportan el 70 %.

La demanda en tiendas tiende a cubrirse regularmente, por otra parte la de los RTVS no. Estos presentan una demanda en grandes volúmenes y además es incierta, debido a la naturaleza de las negociaciones para proyectos de construcción. Aquí los contratos requieren de cierto tiempo de desarrollo para ser firmados y hasta no asegurarse la compra, no se tiene en cuenta para el próximo pedido, corriendo el riesgo de no tener suficiente disponibilidad de producto cuando sea requerido. Inclusive, se pueden presentar compras adicionales en toneladas que si no se habían solicitado con anterioridad, no pueden ser atendidas.

Lo anterior está relacionado con el mercado en el que se encuentra actualmente la compañía, el cual según Arango *et al.* (2010), es una característica fundamental para el correcto desempeño de la información recolectada y entregada por los indicadores, el cual está definido por las condiciones de oferta y demanda y se pueden diferenciar cuatro tipos: en desarrollo, en crecimiento, estable y maduro.

El primero corresponde a aquél donde hay lanzamiento de nuevos productos o desarrollo de un nuevo mercado, y en donde la oferta y demanda son bajas; los mercados en crecimiento se caracterizan por tener una demanda mayor que la oferta y el suministro es incierto. En el estable la oferta y la demanda son altas y el suministro es relativamente predecible, y en el mercado maduro la oferta excede la demanda. En cualquiera de los casos, se debe considerar adicionalmente la incertidumbre ocasionada por la competencia que se refleja en la demanda de los productos o servicios (Arango *et al.*, 2010). La tabla 3.1 muestra la clasificación de mercados de acuerdo a la oferta y la demanda.

De acuerdo al cuadro anterior, y teniendo en cuenta que la empresa tiene un

Tabla 3.1: Clasificación de mercados (Arango *et al.*, 2010)

<b>Oferta alta y demanda baja</b>	<b>Oferta alta y demanda alta</b>
Maduro: cuando la oferta excede la demanda.	Estable: cuando hay un mercado establecido y una demanda balanceada.
<b>Oferta baja y demanda baja</b>	<b>Oferta baja y demanda alta</b>
Desarrollo: cuando hay nuevos mercados y productos; o cuando la oferta y la demanda son bajas.	Crecimiento: cuando la demanda excede la oferta.

exceso de demanda con respecto a su oferta, el mercado en el que se encuentra la compañía es el mercado en crecimiento. Según lo anterior, cuando no existe un equilibrio entre la demanda y la oferta, surgen los inventarios como amortiguadores en dichos desajustes (Williams y Tokar, 2008).

Para ser considerados, se deben tener en cuenta dos componentes básicos: el primero sostiene que los inventarios altos reducen los costos porque no se generan pérdidas de ventas, y el segundo componente sostiene la idea de que elevan los costos por el pago de almacenamiento, seguros y otros rubros (Maccini y Pagan, 2013). Por ende, tener exceso reduce la rentabilidad y tener poco causa escasez en la cadena de suministro, daños y perjuicios en la confianza del cliente (Krajewski *et al.*, 2013). Por ello, se debe analizar de acuerdo a las prioridades de la empresa, cómo debe ser su gestión y en qué medida tomarlos en consideración.

### 3.2.2 ABASTECIMIENTO

La gestión de esta cadena de distribución la realiza el departamento de compras, y por ende la coordinación con cada uno de los eslabones tanto en el exterior como a nivel nacional requiere de su supervisión y control, incluidos aquellos procesos subcontratados con proveedores como lo son la importación, almacenamiento y distribución. Una de sus funciones es realizar el pronóstico de demanda para luego solicitar la cantidad de pedido o también conocido como lote de pedido a sus

proveedores en China.

El pronóstico de demanda que actualmente llevan a cabo es un promedio móvil, tomando en cuenta las ventas de los tres meses anteriores al siguiente pedido. Este factor es considerado una de las principales causas de desabastecimiento si se incurre en un error de la previsión del mismo (Resa, 2006), y en tal caso incidirá de forma negativa en la cantidad de pedido a solicitar. Por lo tanto, las cantidades solicitadas al proveedor pueden no ser suficientes para cubrir la demanda y se incurriría en desabastecimiento. Esto es precisamente lo que se logra observar cuando se realizan pedidos al almacén, los inventarios no alcanzan a responder a cabalidad con las órdenes de los clientes o no hay existencias disponibles.

Al estar a cargo de la cantidad de pedido que debe solicitar a sus proveedores en China, la empresa está comprando inventario y por ende debe hacerse responsable de la gestión de los mismos, cuando se dispongan en el almacén de su proveedor 3PL. Los inventarios son existencias de materiales, usados para satisfacer la demanda del cliente, de aquí se desprende una pregunta fundamental sobre cuánto inventario tener, y la respuesta corresponde a una compensación entre las ventajas y desventajas de mantener inventario (Chopra y Meindl, 2008).

En este punto se debe considerar el costo de mantener el inventario almacenado, ya que la empresa debe pagar por el servicio de almacenamiento a un proveedor 3PL, y el costo de desabastecimiento, un factor considerado difícil de medir. Saber estos dos costos facilitan a la empresa la toma de decisiones sobre el lote de compra y nivel de inventarios en almacén (Chopra y Meindl, 2008).

Retomando los inventarios, dependiendo de la situación, la presión por mantener inventarios altos puede ser mayor a la presión por mantenerlos bajos (Krajewski *et al.*, 2013). Las razones que ejercen presión en una empresa para mantener inventarios altos, están orientadas al servicio al cliente, puesto que con inventarios se pueden hacer entregas rápidas y a tiempo. Los inventarios altos reducen tanto el desabastecimiento como las órdenes en espera, la cual se considera una de las preocupaciones

clave de mayoristas y minoristas.

Existen diferentes tipos de inventario: de materia prima, en proceso y de producto terminado. También hay una clasificación con respecto a cómo es creado. Desde este enfoque el inventario puede tomar cuatro formas: ciclo de inventario, de seguridad, de anticipación y en tránsito (Krajewski *et al.*, 2013).

El inventario de seguridad evita los costos ocultos de no tener disponibilidad y los problemas de servicio al cliente, este protege contra las incertidumbres de demanda, tiempos de entrega y cambios en el suministro. Es deseable cuando los proveedores fallan en la entrega o la cantidad deseada en una fecha específica o en la cantidad, además asegura que las operaciones no se interrumpan cuando se presentan problemas, permitiendo la continuidad (Krajewski *et al.*, 2013). Por ende, este tipo de inventario es un factor crítico para protegerse contra la incertidumbre y evitar posibles desabastecimientos (Son y Orchard, 2013).

Al momento de adquirir inventario, muchos modelos incluyen el modelo básico *Economic Order Quantity (EOQ)* creado por Harris en 1913, para hallar la cantidad de pedido, el cual asume que todo el desabastecimiento está en los pedidos pendientes, una suposición válida para algunos casos y poco realista para otros. Relacionado a esto, se encontró que la demanda puede ser de tipo determinista, es decir, conocida y constante, lo cual es uno de los supuestos del modelo, o puede ser de tipo estocástica es decir, desconocida y cambia con el tiempo, algo que refleja mejor el caso de estudio (Williams y Tokar, 2008). Por lo tanto, el modelo original del *EOQ*, podría ignorar factores críticos en la naturaleza del negocio, el mercado en el que se encuentra y el comportamiento de la demanda que no se toman en consideración dentro de sus supuestos.

Estas funciones de verificación son responsabilidad del departamento de compras, ya que es el encargado de determinar la demanda de los insumos de soldadura, realizan el pedido de compras a sus proveedores en China, y gestionan los inventarios con la ayuda de un coordinador delegado dentro del almacén de su proveedor 3PL.

Reanudando nuevamente el inventario de seguridad, se encontró que puede servir como contingencia ante cambios de demanda imprevistos (Kang y Gerhswin, 2005), lo que permite identificarlo como un factor sugerido recurrentemente para evitar el desabastecimiento en un entorno de incertidumbre. El cálculo del inventario de seguridad se hace por lo general como una función del servicio y el servicio se define como la fracción del tamaño del lote que va a ser satisfecha con un inventario por fuera del estante (Adenso-Díaz, 1996).

De esta manera, una vez que un cierto nivel de servicio es fijo y hay un supuesto de que la demanda tiene una distribución normal durante el tiempo de entrega, es posible calcular el inventario de seguridad utilizando la tabla de Brown. Recíprocamente, si se utiliza un inventario de seguridad es posible determinar el nivel de servicio, y por lo tanto el número promedio de productos que no se pueden ofrecer en cada ciclo debido al desabastecimiento, un dato útil cuando es necesario ordenar de una segunda fuente dicho faltante y se desea determinar el tamaño promedio de dicho pedido (Adenso-Díaz, 1996).

Ahora bien, el tamaño del lote o la cantidad de pedido está sujeto o condicionado a la variabilidad de la demanda en primera instancia, y al nivel de inventario que haya disponible para satisfacerla, dado el caso de una política de revisión continua: cuando los inventarios descienden hasta el punto de reorden, es el momento indicado para realizar una orden de pedido al proveedor, para abastecerse de nuevo y atender los requerimientos de los clientes (Gholami *et al.*, 2015). De hecho, debido a los tiempos de entrega extensos, a la fecha no se ha implementado una política de revisión continua que permita determinar un punto de reorden para emitir una orden de pedido a sus proveedores. Por consiguiente, se aplica una revisión periódica, un mes antes de que llegue el último pedido realizado.

### 3.2.3 FABRICACIÓN E IMPORTACIÓN

Los proveedores fabrican los insumos de soldadura en China y los productos en manos de la comercializadora representan un tercio en costos de lo que podría costar si la empresa decide adquirirlos con un fabricante nacional. Esta diferencia monetaria le permite a la empresa tener una ventaja competitiva en el mercado con precios bajos. Esta es la razón por la cual la empresa decide globalizarse e importar desde el continente asiático varios de los productos que revende en territorio mexicano.

Es tal la impotencia en términos monetarios, que se espera en un futuro ampliar la cantidad de productos a importar. Es por esto que la ventaja competitiva de la empresa es en costos e igualmente es su prioridad, lo cual al mismo tiempo es una desventaja. Al no contar con otro diferenciador en el mercado, más que un precio de venta atractivo, los clientes pueden moverse hacia un competidor que haga lo mismo en caso de presentar desabastecimiento. De aquí surge su preocupación por atender este problema e igualmente la propuesta planteada en este estudio para atacarlo.

### 3.2.4 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

La empresa cuenta con un delegado dentro de las instalaciones del almacén de su proveedor 3PL, de tal forma que este coordinador es el encargado de monitorear el inventario exclusivo de la compañía y de rendir reporte de gestión a la empresa.

De acuerdo a esto se encontró que: incluso una pequeña tasa de pérdida de inventarios sin ser detectado por el sistema de información puede dar lugar a la imprecisión que interrumpa el proceso de reposición y crea graves situaciones de desabastecimiento. De hecho, las pérdidas de ingresos derivadas de situaciones de desabastecimiento pueden superar con creces las pérdidas de existencias o inventario. La inexactitud puede darse por causas conocidas y desconocidas, siendo en ésta última el robo un factor común (Kang y Gerhswin, 2005). Por lo tanto, tener un

registro correcto de las cantidades en el sistema, permite garantizar el cumplimiento con las órdenes de pedido solicitadas por los clientes.

El punto de reorden se fija de modo que cuando se hace un pedido, exista suficiente inventario en las instalaciones para satisfacer la demanda hasta que llegue. Por lo tanto, el punto de reorden tiene una influencia decisiva en el rendimiento de la política de cantidad de la orden de pedido. Si se establece demasiado bajo, el inventario se agota con frecuencia y la situación de desabastecimiento aparece. Si hay aleatoriedad en el sistema (como en la demanda o en el tiempo de entrega del proveedor), entonces el punto de reorden tendrá que ser mayor para cubrir las incertidumbres (Kang y Gerhswin, 2005). Esta es una política con la que actualmente no cuenta la empresa.

El sistema que toma en cuenta la restricción de tiempo de entrega extenso por parte del proveedor, y por lo cual la empresa tiene un sistema de aprovisionamiento periódico y que al mismo tiempo considera puntos de reorden que la empresa puede estipular de tal modo que no incurra en desabastecimiento, es un sistema híbrido. Este sistema híbrido se conoce como: sistema de reabastecimiento opcional, sistema de revisión opcional, min-máx; o s, S. Es muy parecido al sistema periódico y es atractivo cuando el costo de hacer pedidos es significativo como en el caso de estudio. Se revisa a intervalos de tiempo fijos y si dicha posición ha disminuido hasta un nivel predeterminado (o más abajo del mismo), se hace un pedido de tamaño variable que cubra las necesidades hasta un inventario objetivo. Un ejemplo práctico es si el objetivo es 100 y el nivel mínimo es 60, el tamaño de pedido mínimo es 40 (o  $100 - 60$ ) (Krajewski *et al.*, 2008).

También se puede considerar que dentro del punto de reorden que establezca la empresa, se incluya un inventario de seguridad por la cantidad que se considere suficiente para satisfacer las variaciones de la demanda y absorber la incertidumbre implícita mientras se abastece nuevamente (Langton y Geiger, 2013).

Opuesto a los métodos para la determinación de los costos de inventario, no



se revelan sofisticados modelos para estimar el costo del desabastecimiento. Langton y Geiger (2013) declara que: «*Como consecuencia típica, los administradores incorporan los niveles de inventario de seguridad para cumplir con las fluctuaciones inesperadas de la demanda. Por supuesto, es cuestionable en la mayoría de los casos, si estos inventarios de seguridad, además, intuitivamente dimensionados representan el equilibrio óptimo entre el costo de mantener inventario y el costo de desabastecimiento*».

Los dos factores clave que influyen en el nivel óptimo de disponibilidad de producto son: costos de excedentes del producto o de mantener inventario y costo de faltantes del producto o desabastecimiento. Tradicionalmente, muchas compañías realizan un pronóstico consensual de la demanda sin medir la incertidumbre, en tal caso las compañías no toman una decisión con respecto al nivel de disponibilidad, sólo ordenan lo que indica el pronóstico consensual (Chopra y Meindl, 2008).

### 3.2.5 PUNTOS DE VENTA

Los estudios sobre desabastecimiento en minoristas indican que el desabastecimiento es mayor, aguas abajo hacia los estantes de las tiendas. Para algunos autores el desabastecimiento causado en tiendas es del 98 %, para otros corresponde al 91,8 % y otros encuentran que es del 65 %. En otros indicadores, el promedio mundial de desabastecimiento de productos minoristas en estanterías es del 8,3 %.

Se han desarrollado varios métodos para identificar y realizar un seguimiento de falta de existencias en tienda. En general, existen cuatro métodos. El método tradicional es la búsqueda manual de «huecos» en los estantes. Un segundo método hace uso de los datos de punto de venta o, más específicamente, los datos del escáner. Sobre la base de los datos históricos de ventas, el período latente entre las ventas se toma como un indicador de si un elemento está en el estante. El desabastecimiento también se puede identificar mediante el uso de los datos de inventario. Por último,

se pueden usar diversos tipos de tecnología, tales como *RFID*, tapones de estanterías y sensores de peso o luz (Ehrenthal y Stölzle, 2013).

Pasando ahora a los RTVS, las causas de desabastecimiento en una venta al por mayor medidas en toneladas de insumos de soldadura para la ejecución de proyectos, se encuentra una naturaleza de incertidumbre en su demanda como ya se había mencionado anteriormente, aquí está concentrado el mayor flujo de ventas y por ello es crítico identificar las causas que provocan el desabastecimiento además de las previsiones de demanda.

Dado que la demanda dicta un punto de partida para identificar el desabastecimiento (Watts *et al.*, 1994), éste hace parte de los factores clave para tomar en consideración en el caso, y al ser incierta, puede ser cubierta por los inventarios en almacén, si dichos inventarios no son suficientes para responder eficientemente a la demanda, deben revisarse de tal modo que puedan cubrir una demanda futura. Para ello, se debe hacer una mejor planeación de la cantidad de pedido a realizar a los proveedores en China, tomando en cuenta al mismo tiempo la incertidumbre en el tiempo de entrega, garantizando que el suministro sea suficiente para cubrir la demanda y se disminuya el desabastecimiento.

### 3.2.6 OTROS FACTORES

La globalización ha motivado a las empresas a establecer relaciones comerciales en el extranjero y se sabe que cuanto más larga sea la línea de suministro, mayor es el riesgo (Daniels *et al.*, 2013). Por ello, a medida que la cadena de suministro se extiende y crece la incertidumbre, la empresa debe prepararse mejor, anticipando alternativas ante posibles contingencias. Particularmente la empresa prefiere proveerse de productos fabricados en China por la ventaja competitiva en precio que les ofrece frente a proveedores nacionales.

Se enfrenta entonces a relaciones comerciales en el exterior, ligadas con al-

gunos factores externos que afectan la disponibilidad de productos en el momento requerido. Algunos factores identificados son:

- Accidentes de transporte de carga.
- Retrasos en puertos.
- Mal tiempo en altamar.

### 3.3 CAUSAS DE DESABASTECIMIENTO

La secuencia lógica que se le dio al análisis del caso para identificar los indicadores de desempeño para el *AHP* fue:

1. Causas de desabastecimiento: como se muestra anteriormente (tabla 2.1) todas las causas encontradas en la literatura son reunidas por proceso en la cadena de distribución.
2. Causas de desabastecimiento en el caso: en la tabla 3.2 se muestran las causas específicas, identificadas en el análisis de caso para la empresa.
3. Agrupación de las causas de desabastecimiento: en la tabla 3.3 se muestra una propuesta de clasificación de las principales causas de desabastecimiento para el caso de estudio.

### 3.4 INDICADORES DE DESEMPEÑO

Los indicadores de desempeño se pueden agrupar o clasificar de diferentes formas e inclusive hay indicadores que pueden pertenecer a varios grupos. También se

Tabla 3.2: Causas de desabastecimiento en el caso.

Proceso	Causas
Abastecimiento	Pedidos insuficientes
	Pronóstico deficiente
	Demanda variable
	Inventario inexacto
	Colocación de pedido a destiempo
	Problemas con el proveedor
Fabricación e importación	Fallas en las entregas
	Fallas del operador logístico
	Retrasos en las entregas
Almacenamiento y distribución	Inexactitud en el inventario
	Errores de predicción del sistema
	Retrasos de entrega
	Productos dañados
Puntos de venta	Pronóstico inadecuado
	Desabastecimiento no reportado
	Producto no resurtido por personal externo
Otros factores	Retrasos en puertos
	Accidentes de carga
	Mal tiempo en altamar

Tabla 3.3: Agrupación de las causas de desabastecimiento.

Pedido	Inventario
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pedidos insuficientes.</li> <li>● Demanda variable.</li> <li>● Colocación de pedido a destiempo.</li> <li>● Problemas con el proveedor.</li> <li>● Fallas en las entregas.</li> <li>● Fallas del operador logístico</li> <li>● Retrasos en las entregas.</li> <li>● Desabastecimiento no reportado.</li> <li>● Producto no resurtido por personal externo.</li> <li>● Retrasos en puertos.</li> <li>● Accidentes de carga.</li> <li>● Mal tiempo en altamar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inexactitud en el inventario.</li> <li>● Errores de predicción del sistema.</li> <li>● Productos dañados.</li> <li>● Pronóstico inadecuado.</li> <li>● Pronóstico deficiente.</li> </ul>

pueden establecer con diversos nombres y conservar una misma fórmula o ser medidos en diferentes procesos de la empresa (Sánchez y Sánchez, 2016). Cuando se tiene una cantidad extensa de indicadores de desempeño, se pueden juntar por grupos dependiendo del tipo de información que ofrecen o el área a la que representan y luego racionalizar basados en cuán útil es la información (Johnston, 2013).

Por ello, se reunieron y simplificaron aquellos indicadores de desempeño que mostraron tener cierta relación o influencia para reducir el desabastecimiento en una cadena de distribución (ver figura 3.3). Dicha simplificación incluye la elección de nombres más representativos de acuerdo a las menciones encontradas para cada indicador y además la determinación de indicadores de desempeño representativos cuando se repiten en diferentes procesos, es decir, elegir sólo un indicador aunque se repita en otros procesos con algún nombre similar y fórmula idéntica (Sánchez y Sánchez, 2016). Por lo tanto, siguiendo esta lógica se logró reducir el número de indicadores de desempeño que fueron sometidos posteriormente al modelo.

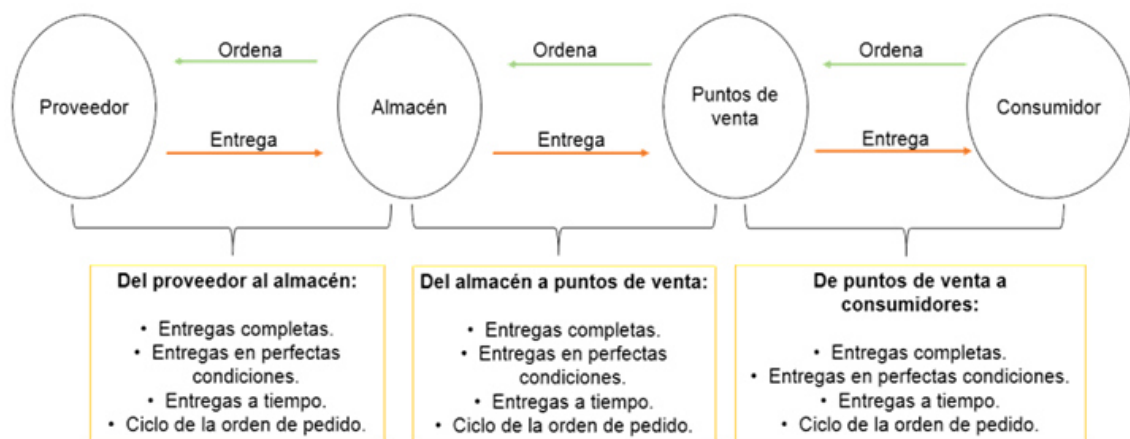


Figura 3.3: Indicadores de desempeño que se comparten en la cadena de distribución.

Para los *KPIs* propuestos en esta investigación, entre otras cosas tales como los sistemas de datos maestros y procesos, los roles y responsabilidades de los miembros de la empresa, áreas o equipos se deben definir claramente y ser comunicados a lo largo de toda la compañía sobre una base regular. La figura 3.4, muestra la relación entre las unidades de negocio y los *KPIs* propuestos. Además el parámetro para cada indicador se debe establecer y actualizar periódicamente. También se requiere de un

grupo multifuncional que controle los *KPIs* propuestos, identificando las causas de desabastecimiento en caso de llegar a presentarse a través de la comunicación con las unidades y personas responsables, y promoviendo el desarrollo de estrategias para realizar adaptaciones y la mejora continua (Chae, 2009).

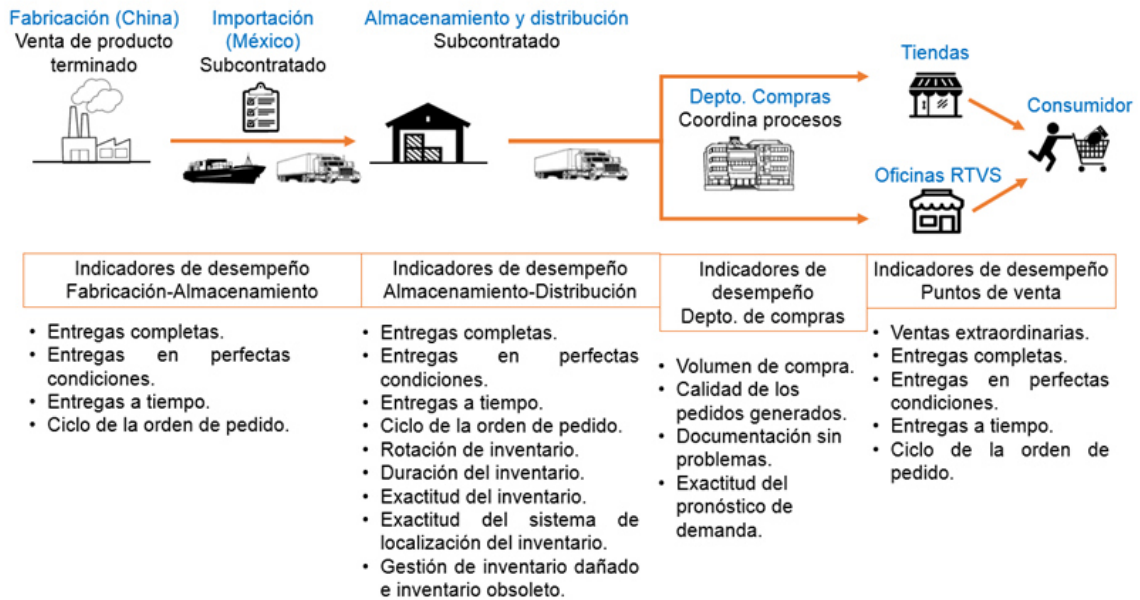


Figura 3.4: Indicadores de desempeño por proceso.

En la tabla 3.4 se muestran los indicadores encontrados que tenían alguna relación con las principales causas identificadas. Estos indicadores se propusieron entonces para ser sometidos al método *AHP* y obtener los *KPIs*, lo cual se puede observar en la tabla 3.5.

Tabla 3.4: Indicadores relacionados a las causas de desabastecimiento

Proceso	Causas de desabastecimiento en el caso	Indicador
Abastecimiento	Pedidos insuficientes.	Volumen de compra.
	Pronóstico deficiente.	Exactitud en el pronóstico de demanda.
	Demanda variable.	Ventas extraordinarias, rotación de inventario, duración del inventario.
	Inventario inexacto.	Exactitud de inventario.

(continúa en la página siguiente)

<b>Proceso</b>	<b>Causas de desabastecimiento en el caso</b>	<b>Indicador</b>
	Colocación de pedido a des-tiempo.	Calidad de los pedidos genera-dos.
	Problemas con el proveedor.	Entregas completas, en perfec-tas condiciones, a tiempo y ciclo de la orden de pedido.
Fabricación e importación	Fallas en las entregas	Entregas completas, en perfec-tas condiciones, a tiempo y ciclo de la orden de pedido.
	Fallas del operador logísti-co.	Entregas completas, en perfec-tas condiciones, a tiempo y ciclo de la orden de pedido.
	Retrasos en las entregas.	Entregas completas, en perfec-tas condiciones, a tiempo y ciclo de la orden de pedido.
Almacenamiento y distribución	Inexactitud en el inventario.	Exactitud de inventario.
	Errores de predicción del sistema.	Exactitud en el sistema de loca-lización del inventario.
	Retrasos de entrega.	Entregas completas, en perfec-tas condiciones, a tiempo y ciclo de la orden de pedido.
	Productos dañados.	Gestión de inventario dañado e inventario obsoleto.
Puntos de venta	Pronóstico inadecuado.	Exactitud en el pronóstico de demanda.
	Desabastecimiento no re-portado.	Ventas extraordinarias.
Otros factores	Retrasos en puertos.	Entregas a tiempo y ciclo de la orden de pedido.
	Accidentes de carga.	Entregas en perfectas condicio-nes.
	Mal tiempo en altamar.	Entregas a tiempo y ciclo de la orden de pedido.

(fin de la tabla)

Tabla 3.5: Indicadores de desempeño para el modelo *AHP*.

<b>Pedido</b>	<b>Inventario</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Volumen de compra.</li> <li>● Ventas extraordinarias.</li> <li>● Entregas completas.</li> <li>● Entregas en perfectas condiciones.</li>   <li>● Entregas a tiempo.</li>   <li>● Calidad de los pedidos generados.</li> <li>● Documentación sin problemas.</li> <li>● Ciclo de la orden de pedido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rotación de inventario.</li> <li>● Duración del inventario.</li> <li>● Exactitud de inventario.</li> <li>● Exactitud del sistema de localización del inventario.</li> <li>● Gestión del inventario dañado e inventario obsoleto.</li> <li>● Exactitud del pronóstico de demanda.</li> </ul>

### 3.4.1 FICHAS TÉCNICAS

La información relacionada con cada uno de los indicadores propuestos se muestra en este apartado.

## INDICADORES DE PEDIDO

### 1. Volumen de compra

Objetivo: medir la evolución del volumen de compra en relación con el volumen de venta para tomar decisiones sobre la orden de compra al proveedor.

Definición: es el porcentaje sobre la venta de los pesos gastados en compras.

Periodicidad: al finalizar cada ciclo de ventas.

$$Fórmula = \frac{Valor\ de\ las\ compras}{Total\ de\ las\ ventas} \times 100$$

Unidad de medida: porcentaje (%).

Parámetro: presupuesto estimado por la empresa para el departamento de compras.

Importancia: es un indicador en función de evaluar y mejorar continuamente la gestión de compras y abastecimiento como factor crítico en la cadena de



suministro, donde se pueden controlar el crecimiento en las compras (Mora, 2014b).

Lo cual permite, ver la relación entre el dinero entrante producto de las ventas y el dinero que sale debido a la compra de productos terminados. A fin de conocer si entre más pesos gastados en compras, aumenta igualmente el valor de las ventas y tomar la decisión de destinar más recursos a la compra de mayores cantidades de producto para evitar el desabastecimiento.

## 2. Ventas extraordinarias

Objetivo: medir los pedidos no planeados para tomar decisiones sobre aumentar la cantidad en las órdenes de compra.

Definición: son las unidades de pedido significativas que no fueron consideradas para el pronóstico de demanda.

Periodicidad: mensual.

$$Fórmula = \frac{No. de pedidos no planeados}{No. total de pedidos} \times 100$$

Unidad de medida: unidades de producto o porcentaje.

Parámetro: cercano al 100 %.

Importancia: si se lleva un seguimiento de los pedidos que se solicitan y que no pueden satisfacerse, se pueden generar históricos que permitan pronosticar mejor el pedido de compra. Esto se puede analizar con el paso del tiempo y considerar las variaciones con respecto a la época del año para analizar el comportamiento de la demanda y tomar mejores decisiones a futuro sobre el lote de pedido. Evitando así, la falta de producto.

## 3. Entregas completas

Objetivo: medir el nivel de cumplimiento de los pedidos entregados completos para tomar decisiones sobre servicio de proveedor o inventarios.

Definición: es el nivel de cumplimiento en la entrega de pedidos completos.

Periodicidad: mensual.

$$Fórmula = \frac{No. de pedidos entregados a tiempo}{No. total de pedidos entregados} \times 100$$

Unidad de medida: porcentaje (%).

Parámetro: en un sistema justo a tiempo este indicador debe ser mínimo del 99.5 % (Sánchez y Sánchez, 2016).

Importancia: no considerar este indicador podría generar un exceso de inventarios en caso de que se reciban mayores cantidades a las acordadas, pudiendo comprometer más recursos en su proceso de almacenamiento, ubicación y personal a cargo. En caso contrario, si las entregas son incompletas se produce desabastecimiento y por ende la empresa es proclive a enfrentar las consecuencias de ello (Sánchez y Sánchez, 2016).

#### 4. Entregas en perfectas condiciones

Objetivo: medir la entregas de productos en perfectas condiciones, sin daños o defectos.

Definición: nivel de cumplimiento en la entrega de pedidos en perfectas condiciones.

Periodicidad: mensual.

$$Fórmula = \frac{No. de pedidos en perfectas condiciones}{No. total de pedidos entregados} \times 100$$

Unidad de medida: porcentaje (%).

Parámetro: cercano al 100 %.

Importancia: en este indicador se verifica el cumplimiento de las especificaciones de conformidad y funcionalidad (Osorio *et al.*, 2008).

Conformidad: cumplimiento de las especificaciones de calidad del producto pactadas en la orden de compra y verificada en la recepción del mismo, de tal

forma que sean recibido de modo satisfactorio.

Funcionalidad: se verifica el correcto desempeño y funcionamiento de los productos al ser recibidos conforme a la solicitud de compra.

### 5. Entregas a tiempo

Objetivo: controlar el nivel de cumplimiento de las entregas de los pedidos, en términos del tiempo.

Definición: es el nivel de cumplimiento de los proveedores o de la compañía para realizar la entrega de los pedidos en la fecha o periodo de tiempo pactado con el cliente.

Periodicidad: mensual.

$$Fórmula = \frac{Entregas\ puntuales}{Entregas\ totales} \times 100$$

Unidad de medida: porcentaje (%), días.

Parámetro: este indicador debe estar cercano al 100 %, y mínimo en un 99.5 % sin fluctuaciones estacionales (Sánchez y Sánchez, 2016).

Importancia: permite conocer y controlar la duración de la ejecución del proceso de entregas (Chan y Qi, 2003).

Es considerado un indicador de tiempo y las fluctuaciones que se generan de un periodo a otro durante la ejecución de sus procesos, permiten brindar un respuesta inmediata a cambios drásticos o paulatinos en su nivel de servicio, esto mediante el control de su evolución y el impacto que causa en éste, los cambios o mejoras hechas a los procesos de abastecimiento y distribución (Mora, 2014b).

También se puede estimar un porcentaje de retraso como un rango en el que la fecha y hora de las entregas se puedan mover, de tal forma que si el porcentaje de resultado del indicar es inferior, las entregas llegaron muy temprano, y si se exceden, las entregas llegaron muy tarde (Chae, 2009).

Este indicador está relacionado tanto para el aprovisionamiento de clientes internos como externos, para los internos permite el abastecimiento y la continuidad del flujo de operaciones en el resto de la cadena de distribución y para el cliente externo indica el cumplimiento frente a un compromiso acordado. Es decir que este indicador refleja el servicio al cliente en este aspecto (Sánchez y Sánchez, 2016).

Si las entregas llegan antes de lo estipulado se pueden mantener inventarios por más tiempo, mientras que si llegan tiempo después del estipulado se puede dar desabastecimiento por no tener el producto en el momento indicado.

## 6. Calidad de los pedidos generados

Objetivo: conocer si hay problemas para generar órdenes de compras o pedidos que estén generando retrasos en la adquisición de producto.

Definición: porcentaje de pedidos generados sin retraso o necesidad de información adicional.

Periodicidad: mensual.

$$Fórmula = \frac{Pedidos\ generados\ sin\ problemas}{Total\ pedidos\ generados} \times 100$$

Unidad de medida: porcentaje (%).

Parámetro: lo ideal es que sea del 0 %.

Importancia: por medio de este indicador se puede saber el esfuerzo del personal de compras para identificar y resolver problemas, y con ello si hay retrasos de colocación de pedidos al proveedor, lo que genera que el producto no esté en el momento indicado y ocasione desabastecimiento (Mora, 2014b).

## 7. Documentación sin problemas

Objetivo: medir la exactitud de las facturas recibidas para tomar decisiones sobre proveedores o inventarios.

Definición: es el porcentaje de facturas recibidas sin problemas.

Periodicidad: (semanal).

$$Fórmula = \frac{No. de facturas recibidas sin errores}{Total de facturas recibidas} \times 100$$

Unidad de medida: porcentaje (%).

Parámetro: cercano al 100 %.

Importancia: ayuda a identificar los problemas en la facturación de órdenes y los retrasos relacionados con esto, ocasionando que el flujo del producto disminuya y pueda ocasionar desabastecimiento por no estar disponible en el momento indicado (Mora, 2014a).

Una factura muestra la fecha de entrega, la hora y la condición bajo la cual se recibieron las mercancías. Si esta información está errada, se pueden identificar las áreas de discrepancia para que se puedan mejorar las prestaciones del proveedor y se eviten a futuro posibles desabastecimientos (Gunasekaran *et al.*, 2001).

También se toma en cuenta el cumplimiento con especificaciones de tipo reglamentario, de seguridad, ambiental y ergonómico según (Osorio *et al.*, 2008).

Reglamentario: cumplimiento en normas requeridas del producto, ya sean especificaciones reglamentarias por el cliente, o entidades nacionales o internacionales.

Seguridad: cumplimiento de normas de seguridad inherentes al producto.

Ambiental y ergonómico: cumplimiento de normas ambientales y ergonómicas del producto.

El no poseer esta documentación a tiempo puede retrasar las entregas y provocar una falta de disponibilidad.

## 8. Ciclo de la orden de pedido

Objetivo: controlar el tiempo que consistentemente transcurre desde que la empresa o los clientes realizan un pedido, hasta que tienen físicamente los

productos para su uso.

Definición: número medio de días calendario desde que se realiza el pedido, hasta que se entrega el mismo.

Periodicidad: mensual.

$$Fórmula = \sum^{pedidos} \frac{Fecha\ de\ recepción\ del\ pedido}{Fecha\ de\ solicitud\ del\ pedido}$$

Unidad de medida: días.

Parámetro: acorde a lo convenido con el proveedor o cliente.

Importancia: indica la capacidad de respuesta rápida y la alta adaptación de una cadena de distribución (Chae, 2009). El efecto general, puede conducir a una reducción sustancial en la fiabilidad de la entrega y el nivel de servicio al cliente (Gunasekaran *et al.*, 2001)

Es un indicador de tiempo, por lo tanto tiene las mismas implicaciones que las entregas a tiempo. Según Mora (2014b) puede clasificar en:

Ciclo de la orden de pedido: tiempo transcurrido desde el momento que un cliente pone un pedido hasta que el producto está entregado y facturado y en algunos casos cobrado.

Ciclo de la orden de compra: indicador para controlar los tiempos de respuesta y entrega de los proveedores.

Ciclo de un pedido en almacén: tiempo trascurrido desde que se pone la orden en el almacén hasta que éste es despachado al cliente.

## INDICADORES DE INVENTARIO

### 1. Rotación de inventario

Objetivo: medir la cantidad de los productos despachados y tomar decisiones sobre la orden de compra para el proveedor.

Definición: indica la frecuencia de venta de los productos.

Periodicidad: anual.

$$Fórmula = \frac{Ventas\ promedio}{Inventario\ promedio}$$

Unidad de medida: unidades o valor.

Parámetro: Idealmente debe ser superior a 1, y entre más alto sea mejor, lo que significa que el inventario está en permanente rotación (en caso de medirse anualmente).

Importancia: este indicador sirve para conocer la cantidad de veces que se mueve todo el inventario en un año, además ayuda en la realización del pronóstico de ventas (Sánchez y Sánchez, 2016).

Se relaciona con el pronóstico de ventas, es decir que si el pronóstico fue adecuado, habrá una alta relación, en caso contrario, si la relación es baja puede estimarse una deficiente planeación de las ventas, para cada caso se puede presentar un desabastecimiento o un exceso de inventario respectivamente.

## 2. Duración del inventario

Objetivo: controlar los días de inventario disponible de los productos almacenados en el centro de distribución.

Definición: de acuerdo al último periodo, indica cuántos días dura el inventario que se tiene.

Periodicidad: mensual.

$$Fórmula = \frac{Inventario\ promedio}{Ventas\ promedio}$$

Unidad de medida: días.

Parámetro: de acuerdo al ciclo de pedido, debería durar hasta que llegue el siguiente pedido.

Importancia: ha sido considerado uno de los indicadores de desempeño más importantes para las compañías en la últimas décadas (Chae, 2009).

Entre menor sea el resultado de la fórmula, mejor es el desempeño, ya que al tender a 0 % permite suponer un mejor ajuste en los tiempos de entrada y salida de los pedidos. Contrariamente, en empresas que importan sus productos, como es el caso de estudio, como no pueden controlar los tiempos de aduana no pueden permitirse quedarse sin inventario, por lo tanto, pueden llegar a tener inventario almacenado para dos o tres meses o incluso más (Sánchez y Sánchez, 2016). Por lo tanto, es un indicador importante ya que ayuda a valorar el impacto de los cambios en el tiempo de espera o la posibilidad de quedarse sin existencias (Muller, 2005).

Cada empresa debe calcular la duración del inventario dependiendo de: ciclo de pedido con los proveedores, estacionalidades, lanzamientos de productos, entre otros.

Este indicador permite entonces conocer por cuánto tiempo se puede surtir con el inventario actual, lo que indica también que un alto número indica capital detenido referente al costo de mantener inventario (Sánchez y Sánchez, 2016). Este indicador habla del comportamiento del almacén en cada día, semana o mes operado.

### 3. Exactitud de inventario

Objetivo: controlar y medir la exactitud en los inventarios para mejorar la confiabilidad.

Definición: porcentaje de las referencias totales que presentan un descuadre frente al sistema y su disponibilidad se debe añadir o eliminar del registro.

Periodicidad: diario.

$$Fórmula = \frac{No. de referencias contabilizadas}{No. de referencias inventariadas}$$

Unidad de medida: porcentaje (%).



Parámetro: la exactitud del inventario debe ser del 99.5% procurando siempre que este porcentaje sea cada vez mayor, e igualmente cualquier diferencia presentada debe ser debidamente justificada. Se puede medir mediante conteos cíclicos, definiendo para cada producto una política de conteo en días al año que debe contado, se realiza la sumatoria de esta política para todos los productos y el resultado se divide entre 250 días (días laborales al año). Se obtiene un número de unidades que deben ser contados diariamente (Muller, 2005).

Importancia: los registros del número o valor de inventarios debe coincidir con el conteo físico que se haga de los mismos, de lo contrario se puede estar evidenciando uno o varias de las causas de desabastecimiento relacionadas con este indicador como lo son: falta de control en las entradas y salidas de producto o malas prácticas por parte del personal en almacén (Waller *et al.*, 2006; Sánchez y Sánchez, 2016).

Es normal que se tenga una diferencia entre el inventario esperado y el contabilizado, sin embargo, la medición y el control deben ir de la mano para reducir esta diferencia cada vez más (Sánchez y Sánchez, 2016). La periodicidad de este conteo también puede ir desde 1 a 4 veces al año.

También Heizer y Render (2009) dicen que: «*Las buenas políticas de inventarios pierden sentido si la administración no sabe qué hay disponible en su inventario. La exactitud de los registros permite a las organizaciones enfocarse en aquellos artículos que son más necesarios, en vez de tener la seguridad de que algo de todo está en inventario. Sólo cuando la organización puede determinar con exactitud qué está disponible es capaz de tomar decisiones concretas acerca de pedidos, programación y embarque*».

La inexactitud influye directamente en la cantidad de desabastecimiento, por ello se recomienda que las empresas reconozcan el modo en como puede presentarse el desajuste y capacitar a sus empleados para hacer frente a sus implicaciones (Waller *et al.*, 2006).

#### 4. Exactitud del sistema de localización del inventario

Objetivo: medir la confiabilidad del sistema de localización.

Definición: número de ubicaciones halladas exitosamente y que permiten el flujo de procesos.

Periodicidad: mensual.

$$F\acute{o}rmula = \frac{No. de localizaciones halladas}{No. de localizaciones generadas}$$

Unidad de medida: unidades.

Parámetro: una primera medición debe ser del 95% y de ahí en adelante ir mejorando hasta mantenerse en 100%.

Importancia: mientras más precisa sea la información, más confiables son sus decisiones. La eficacia de un sistema de gestión de inventario depende, de la calidad de la información que toma y de la capacidad de la tecnología de la información. En la mayoría de los sistemas de información, el valor de la salida del sistema se vincula directamente a la calidad de su entrada. Si no hay calidad en las salidas, podría explicarse debido a una ejecución operacional inadecuada (Waller *et al.*, 2006).

El orden de un almacén es necesario para saber la ubicación de los productos y de esta forma conocer su disponibilidad y evitar el desabastecimiento ocasionado por productos extraviados o mal ubicados que generan a su vez retrasos en las operaciones. La forma de verificar si el acomodo es correcto es mediante un conteo cíclico aleatorio, seleccionando un número de ítems y revisando que la cantidad que aparece en el sistema de localización de la empresa coincida con la cantidad física en su sitio (Sánchez y Sánchez, 2016).

Entre más alto sea el resultado de este indicador mayor es la confiabilidad de encontrar los productos en el lugar indicado, evitando los retrasos en su búsqueda y en tiempos de despacho. Los ítems mal ubicados pueden ser escondidos deliberadamente para esconder su estado u ocultarlos para extraerlos posteriormente (Sánchez y Sánchez, 2016).

### 5. Gestión de inventario dañado e inventario obsoleto

Objetivo: medir la cantidad de inventario que no está disponible para su venta.

Definición: es el número de unidades dañadas y obsoletas que se encuentran almacenadas, pero no están disponibles para ser vendidas.

Periodicidad: mensual.

Nota: Para efectos de simplificación, se agrupan el inventario dañado y obsoleto para identificar los productos que no están disponibles para su venta, pero ambos indicadores se miden por separado en la práctica.

*Importancia del inventario dañado:*

Este inventario representa una carga financiera para la empresa, porque además de no estar disponible para la venta se debe contabilizar, cuidar y hasta darle un manejo apropiado para su transportación y destrucción. Los productos dañados pueden explicarse debido a accidentes en el interior del almacén, una deficiente revisión de calidad al momento de ser recibidos, a plagas o factores meteorológicos. También requiere de la ocupación de espacio dentro del almacén y un costo en seguros. Por lo tanto, deben gestionarse adecuadamente y ser medidos con regularidad para disminuir su incidencia.

Aquí se deben incluir productos dañados y caducados. Su valor no debe ascender del 0.5% y en la gestión para deshacerse de él, se debe considerar que no puede beneficiar a personas que puedan realizar el daño dentro de la empresa para luego recuperarlo por fuera de ella (Sánchez y Sánchez, 2016).

$$Fórmula = \frac{No. de items dañados}{No. total de items}$$

*Importancia del inventario obsoleto:*

Este tipo de inventario significa tiempo en desuso, y puede llegar a obstaculizar las ventas de una compañía si no se mide y gestiona correctamente, esto se debe a que al no tener claro la cantidad de productos que no están disponibles

para la venta se puede contar con ellos y comprometerlos y darse cuenta del error muy tarde, dando lugar a diferentes consecuencias de desabastecimiento como la venta perdida. Algunas estrategias para deshacerse de este tipo de inventario son: donaciones, regreso a proveedores, venta en descuento, entre otras (Sánchez y Sánchez, 2016).

Este indicador debe estar prácticamente en un 0%. Entre menor sea el porcentaje de este indicador, más sano el almacén y por ende mayor será el porcentaje de productos disponibles, agilizando además el flujo de materiales (Sánchez y Sánchez, 2016).

Este tipo de inventario generalmente significa altos costos de mantenimiento y su eliminación se presenta como un gran desafío. En general, son la principal fuente del aumento en el coste total de mantener inventario. El control periódico del nivel de este inventario le permite a las empresas gestionarlo de una manera más proactiva y reduce el costo global del inventario (Chae, 2009).

$$Fórmula = \frac{No. de items obsoletos}{No. total de items}$$

Fórmula global:

$$Fórmula = \frac{No. de items dañados y obsoletos}{No. total de items}$$

Unidad de medida: unidades.

Parámetro: lo ideal es que se acerquen a 0.

## 6. Exactitud del pronóstico de demanda

Objetivo: medir la exactitud del pronóstico de demanda de determinado periodo para tomar decisiones sobre la orden de compra para el proveedor.

Definición: es el porcentaje de error entre el pronóstico de demanda planeado y la demanda real.

Periodicidad: mensual.

$$F\acute{o}rmula = \frac{Demanda\ real}{Pron\acute{o}stico\ de\ demanda} \times 100$$

Unidad de medida: porcentaje (%).

Parámetro: lo ideal es que se acerque al 100 %, un resultado superior significa que se pronosticó más de lo que realmente se demandó, y un resultado inferior significa que se pronosticó menos de lo que se requería, y por ende pudo dar pie a desabastecimiento.

Importancia: el pronóstico de la demanda debe reflejar las demandas reales de los clientes tanto como sea posible y entregar información precisa del mercado a la empresa aguas arriba, sin embargo, esto representa un reto por la volatilidad en el comportamiento de la demanda. Por lo tanto, la sincronización entre la demanda y la cadena de distribución juegan un rol importante en la exactitud en el pronóstico de demanda (Chae, 2009). Es decir que a mayor exactitud en el pronóstico menor error, y por ende mayor es la exactitud en la planeación de la cantidad de producto disponible para atender la demanda de los clientes.

### 3.4.2 BENEFICIOS ADICIONALES

Los catorce *KPIs* propuestos no sólo son de gran utilidad para ayudar a disminuir el desabastecimiento a través del monitoreo de las causas que lo provocan. También se encontró su uso y utilidad en diversas áreas. Pueden ayudar en el monitoreo y control de la gestión logística, gestión de la cadena de suministro, evaluación de proveedores, servicio al cliente, gestión de inventarios y gestión de compras.

Evaluación de proveedores: este es un elemento fundamental dentro de la gestión de proveedores de una empresa. La evaluación permite definir si se está cumpliendo con los parámetros de desempeño esperados para el éxito de las operaciones de la compañía. Como resultado de realizar este tipo de evaluación, se pueden definir planes de mejoramiento y estrategias de negociación orientados a garantizar el

éxito operacional de toda la cadena de suministro. Los indicadores propuestos que sirven para ser empleados en la evaluación de proveedores son: entregas completas, entregas en perfectas condiciones, entregas a tiempo y ciclo de la orden de pedido. Este grupo de indicadores también suelen reunirse en un mismo indicador y se conoce como tasa de llenado o *fill rate* como se conoce en inglés (Chae, 2009). En la medida que los proveedores cumplan con los términos acordados con la empresa en los anteriores indicadores, menor es la cantidad de inventario de seguridad que la compañía requerirá, y por lo tanto incurrirá en menos costos (Osorio *et al.*, 2008).

Gestión de inventarios: los inventarios son considerados por muchas empresas como un factor clave de éxito y su gestión puede inclusive dictar el futuro de una empresa. Gran parte de los costos organizacionales se atribuyen a ésta área y los costos relacionados. Por ende representa una oportunidad en aras de disminuir costos y aumentar utilidades (Waller *et al.*, 2006).

Gestión de compras: además de ayudar en una de las funciones principales de compras, la cual se refiere a la evaluación de proveedores mediante la tasa de llenado, este departamento también puede apoyarse en los indicadores establecidos para fundamentar sus decisiones dentro del área.

Gestión de la cadena de suministro: en el estudio realizado por Chae (2009) se proponen *KPIs* que se derivan de un conjunto de estándares de la industria y las mejores prácticas en medición del desempeño. Incluye algunos de los *KPIs* que este mismo autor propone como indicadores de planificación. Un aspecto de vital importancia de todas las actividades de la cadena de suministro, incluyendo la fuente, la fabricación y la entrega. Desde el punto de vista del desempeño, en particular, es importante monitorear las actividades tales como la previsión de la demanda, el ciclo de planificación del plan maestro de producción, en el caso manufacturero, la planeación de ventas y operaciones (*S&OP* por sus siglas en inglés); la planificación de necesidades de inventario y distribución. La exactitud del pronóstico de demanda sirve como información para el pronóstico y la preparación de la empresa para

atender la demanda futura. Rotación del inventario, considerado uno de los más importantes en las últimas décadas. Días de inventario puede medirse para saber los días que dura el producto, inventario obsoleto considerado el principal generador de costos de inventario, y el *fill rate*.

Gestión logística: Es una clasificación habitual que se hace de indicadores de desempeño. Dentro de la revisión hecha, los indicadores propuestos se encontraban en esta. Comprenden métricas para el área de compras; gestión de inventarios y almacenamiento; transportación y distribución. En calidad de evaluar el desempeño frente a otras empresas o inclusive internamente, los indicadores suelen ser una directriz que muestran la ventaja o desventaja frente a competidores u otros procesos, esto se conoce como *benchmarking*. Lo que significa que considerar la implementación de los indicadores también ayuda en la evaluación de la competitividad frente a otros (Oviedo *et al.*, 2014; Barnes, 2015).

Servicio al cliente: la tasa de abastecimiento o de llenado que la comprenden cuatro de los indicadores propuestos en este estudio, también ayuda en el monitoreo del servicio al cliente. Este cliente puede ser interno o externo. Por lo tanto, se puede monitorear en toda la cadena de distribución (Sánchez y Sánchez, 2016).

### 3.5 ENCUESTAS

Se realizó una encuesta de comparaciones por pares de indicadores, cuarenta y cuatro comparaciones en total, amigable para responder y de codificar gracias a la escala de valoración de Saaty (ver apéndice A.1). Se aplicó a dos grupos de encuestados, expertos y usuarios. Se realizaron preguntas por pares de indicadores para conocer la importancia relativa de uno frente al otro, y asignando una valoración de su relevancia, con ayuda de la escala de Saaty. Esto con el fin de validar los 14 indicadores presentados.

La encuesta se aplica primero a los expertos con las siguientes características:

- 5 años de experiencia como mínimo en áreas de compras y/o inventarios.
- Título de maestro o magister en áreas del conocimiento de compras y/o inventarios.

Se distribuyen las encuestas física y virtualmente por medio de correo electrónico. Del total de encuestas distribuidas se obtienen las respuestas de 4 expertos, las cuales aportaron los datos para el análisis de resultados, sirviendo como elemento de validación frente a los indicadores de desempeño seleccionados para el modelo, y la posterior selección de los *KPIs*.

Además se realizaron preguntas referentes a su opinión con respecto a los indicadores propuestos para la disminución del desabastecimiento en una comercializadora, y el diseño de la encuesta. Sus respuestas sirven como retroalimentación y se tienen en cuenta para la aplicación de la encuesta a los usuarios. Sus aportes, ayudaron para diseñar un formato de encuesta ya que no se encontró ninguno en la literatura (ver apéndice A1). Sus comentarios son:

- Se recomienda usar los nombres de exactitud en el pronóstico de demanda, ventas extraordinarias y gestión de inventario dañado e inventario obsoleto, puesto que responden de una manera apropiada a la medición que realizan. En la práctica estos nombres se pueden identificar con mayor facilidad por parte de las personas que toman decisiones y hacen las mediciones. Evitando confusiones entre las diferentes partes involucradas.
- Se debe usar una redacción concisa y clara sobre el estudio llevado a cabo y el objetivo de la encuesta.
- Se invita a incluir la definición de cada indicador de desempeño propuesto, para evitar confusiones asociadas con el nombre otorgado a cada indicador.
- Se recomienda usar un formato de encuesta que sintetice en la medida de lo posible, la extensión de la encuesta. Esto permite mayor número de respuestas efectivas.



- Se debe proporcionar visibilidad tanto de la pregunta para cada par de comparaciones como la tabla de valoración de Saaty. Esto agiliza el proceso y reduce el tiempo de respuesta por parte del encuestado.

## 3.6 MÉTODO *AHP*

A continuación se desarrollan los tres pasos del método *AHP*.

Paso 1: estructuración del modelo jerárquico: se descompone el problema, donde el objetivo es determinar los *KPIs*, los criterios son pedido e inventario debido a que son las áreas que atañen en la solución del problema, y en el último nivel se encuentran los indicadores de desempeño, ocho para pedido y seis para inventario. Se tomaron los indicadores mostrados en la tabla 3.5 y se organizaron en el árbol de jerarquías como se muestra en la figura 3.5.

Paso 2: evaluación del modelo. El procedimiento consiste en cinco fases.

1. Promedio de los pesos o juicios: una vez se han definido los criterios y los indicadores, se realiza el análisis por pares (criterios entre sí e indicadores entre sí). Los expertos asignan juicios en donde establecen a través de la tabla 2.4, la importancia de uno frente a otro. Para tener en cuenta sus opiniones se realiza un promedio de dichos juicios (ver tablas para expertos: 3.6, 3.8, 3.13; ver tablas para usuarios: 3.18, 3.20, 3.25), estos resultados son los que se introducen a continuación en la matriz de pesos.
2. Matriz de los pesos o juicios: se toman los valores obtenidos del procedimiento anterior y se ubican en la diagonal derecha de la misma. La diagonal de esta matriz corresponde a valores de 1 porque refleja la comparación del elemento contra él mismo. Y en la diagonal izquierda se ponen los recíprocos, es decir, que la comparación se realiza en los dos sentidos (ver tablas para expertos: 3.7, 3.9, 3.14; ver tablas para usuarios: 3.19, 3.21, 3.26).

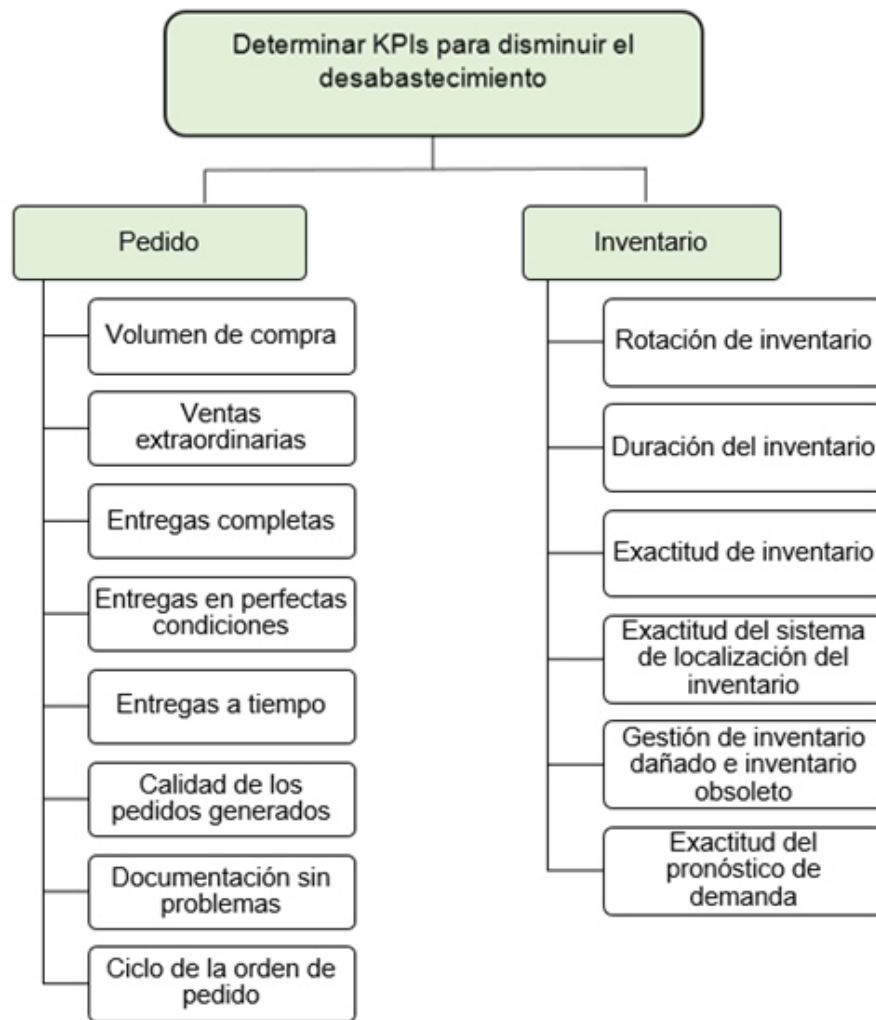


Figura 3.5: Árbol de jerarquías del caso de estudio.

3. Matriz normalizada: después de asignar los juicios a la matriz, esta debe ser normalizada, para ello se divide cada término de la matriz de ponderaciones sobre la suma de su respectiva columna (ver tablas para expertos: 3.7, 3.10, 3.15; ver tablas para usuarios: 3.19, 3.22, 3.27).
4. Vector promedio: hecha la matriz normalizada, se promedian los valores de cada una de sus filas y se obtiene finalmente el vector promedio (ver tablas para expertos: 3.7, 3.11, 3.16; ver tablas para usuarios: 3.19, 3.23, 3.28). Este vector promedio indica la importancia en términos porcentuales de cada indicador para ayudar a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora.
5. Razón de consistencia: finalmente se realiza el índice de consistencia para matrices con más de dos elementos, y se muestra el resultado jerarquizado (ver tablas para expertos: 3.12, 3.17; ver tablas para usuarios: 3.24, 3.29).

Para hallar la razón de consistencia se debe:

1. Multiplicar la matriz de juicios por el vector promedio, lo cual arroja un nuevo vector ( $nmax$ ) (ver ecuación 2.1).
2. Sumar los valores de  $nmax$ .
3. Hallar IC. Para ello tomamos la sumatoria de  $nmax$  y le restamos el tamaño de la matriz ( $n$ ), el resultado de esto se divide por  $n - 1$  (ver ecuación 2.3).
4. Tomamos el RI de la tabla 2.5 de acuerdo al tamaño de la matriz que se tiene ( $n$ ).
5. Finalmente se divide IC sobre RI y se obtiene la razón de consistencia (ver ecuación 2.2). Esta debe ser igual o inferior a 0.1 para ser aceptable y continuar con el análisis.

Este procedimiento se realiza para las comparaciones entre los dos criterios, los ocho indicadores de pedido y los seis indicadores de inventario, que se muestran más adelante tanto para el grupo de expertos como para el grupo de usuarios.

Tabla 3.6: Promedio de la importancia otorgada por los expertos a los criterios

Criterios	Experto	Experto	Experto	Experto	Prom.
	1	2	3	4	
Relevancia entre C1 y C2	1/7	1/3	1	1/5	0.4190
C1= Pedido. C2= Inventario.					

Tabla 3.7: Matriz de juicios, matriz normalizada y vector promedio de criterios para expertos

Matriz de juicios de criterios			Matriz normalizada por columnas			Vector promedio		
Rel.	C1	C2	Rel.	C1	C2	Importancia de criterios		Pond.
C1	1.0000	0.4190	C1	0.2953	0.2953	C1	Pedido	29.53%
C2	2.3864	1.0000	C2	0.7047	0.7047	C2	Inventario	70.47%
TOTAL	3.3864	1.4190	matriz 2x2 siempre es consistente					

Tabla 3.9: Matriz de juicios de pedido para expertos

Relevancia	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
<b>ID1</b>	<b>1.0000</b>	0.3000	0.2190	1.5000	0.4667	4.5000	2.5000	3.0000
<b>ID2</b>	3.3333	<b>1.0000</b>	0.2190	4.0000	2.0000	4.5000	6.5000	7.0000
<b>ID3</b>	4.5652	4.5652	<b>1.0000</b>	7.5000	3.5000	6.0000	8.5000	7.0000
<b>ID4</b>	0.6667	0.2500	0.1333	<b>1.0000</b>	0.6333	2.0000	6.0000	2.0000
<b>ID5</b>	2.1429	0.5000	0.2857	1.5789	<b>1.0000</b>	4.5000	8.0000	7.5000
<b>ID6</b>	0.2222	0.2222	0.1667	0.5000	0.2222	<b>1.0000</b>	1.5000	1.5000
<b>ID7</b>	0.4000	0.1538	0.1176	0.1667	0.1250	0.6667	<b>1.0000</b>	0.5000
<b>ID8</b>	0.3333	0.1429	0.1429	0.5000	0.1333	0.6667	2.0000	<b>1.0000</b>
<b>TOTAL</b>	12.6636	7.1341	2.2843	16.7456	8.0806	23.8333	36.0000	29.5000

Tabla 3.8: Promedio de la importancia otorgada por los expertos a los indicadores de desempeño de pedido.

<b>Criterios</b>	<b>Experto 1</b>	<b>Experto 2</b>	<b>Experto 3</b>	<b>Experto 4</b>	<b>Prom.</b>
Relevancia entre ID1 e ID2	1/5	1/3	1/3	1/3	0.3000
Relevancia entre ID1 e ID3	1/3	1/5	1/5	1/7	0.2190
Relevancia entre ID1 e ID4	1	1	1	3	1.5000
Relevancia entre ID1 e ID5	1/3	1/3	1/5	1	0.4667
Relevancia entre ID1 e ID6	3	5	7	3	4.5000
Relevancia entre ID1 e ID7	3	5	1	1	2.5000
Relevancia entre ID1 e ID8	3	1	5	3	3.0000
Relevancia entre ID2 e ID3	1/3	1/5	1/5	1/7	0.2190
Relevancia entre ID2 e ID4	3	5	3	5	4.0000
Relevancia entre ID2 e ID5	1	3	3	1	2.0000
Relevancia entre ID2 e ID6	3	3	5	7	4.5000
Relevancia entre ID2 e ID7	3	7	9	7	6.5000
Relevancia entre ID2 e ID8	5	7	7	9	7.0000
Relevancia entre ID3 e ID4	5	7	9	9	7.5000
Relevancia entre ID3 e ID5	5	3	3	3	3.5000
Relevancia entre ID3 e ID6	5	5	7	7	6.0000
Relevancia entre ID3 e ID7	9	9	9	7	8.5000
Relevancia entre ID3 e ID8	7	9	7	5	7.0000
Relevancia entre ID4 e ID5	1/3	1	1/5	1	0.6333
Relevancia entre ID4 e ID6	3	1	1	3	2.0000
Relevancia entre ID4 e ID7	5	7	7	5	6.0000
Relevancia entre ID4 e ID8	1	3	3	1	2.0000
Relevancia entre ID5 e ID6	3	5	5	5	4.5000
Relevancia entre ID5 e ID7	7	9	9	7	8.0000
Relevancia entre ID5 e ID8	7	7	9	7	7.5000
Relevancia entre ID6 e ID7	3	1	1	1	1.5000
Relevancia entre ID6 e ID8	1	1	3	1	1.5000
Relevancia entre ID7 e ID8	1/3	1/3	1	1/3	0.5000
ID1: volumen de compra ID2: ventas extraordinarias ID3: entregas completas ID4: entregas en perfectas condiciones	ID5: entregas a tiempo ID6: calidad de los pedidos generados ID7: documentación sin problemas ID8: ciclo de la orden de pedido				

Tabla 3.10: Matriz normalizada por columnas para los indicadores de pedido en expertos.

Relevancia	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
<b>ID1</b>	0.0790	0.0421	0.0959	0.0896	0.0578	0.1888	0.0694	0.1017
<b>ID2</b>	0.2632	0.1402	0.0959	0.2389	0.2475	0.1888	0.1806	0.2373
<b>ID3</b>	0.3605	0.6399	0.4378	0.4479	0.4331	0.2517	0.2361	0.2373
<b>ID4</b>	0.0526	0.0350	0.0584	0.0597	0.0784	0.0839	0.1667	0.0678
<b>ID5</b>	0.1692	0.0701	0.1251	0.0943	0.1238	0.1888	0.2222	0.2542
<b>ID6</b>	0.0175	0.0311	0.0730	0.0299	0.0275	0.0420	0.0417	0.0508
<b>ID7</b>	0.0316	0.0216	0.0515	0.0100	0.0155	0.0280	0.0278	0.0169
<b>ID8</b>	0.0263	0.0200	0.0625	0.0299	0.0165	0.0280	0.0556	0.0339

Tabla 3.11: Vector promedio para los indicadores de pedido en expertos.

Importancia de indicadores de desempeño de pedido		Ponderación
ID1	Volumen de compra	9.05 %
ID2	Ventas extraordinarias	19.90 %
ID3	Entregas completas	38.05 %
ID4	Entregas en perfectas condiciones	7.53 %
ID5	Entregas a tiempo	15.60 %
ID6	Calidad de los pedidos generados	3.92 %
ID7	Documentación sin problemas	2.53 %
ID8	Ciclo de la orden de pedido	3.41 %

Tabla 3.12: Razón de consistencia para los indicadores de pedido en expertos.

<b>nmax</b>	<b>n</b>	<b>IC</b>	<b>RI</b>	<b>CR</b>
m. juicios x v. promedio	Tamaño de la matriz	Índice de consistencia	Consistencia aleatoria	Razón de consistencia
0.7613	8	0.115567948	1.4	<b>0.083</b>
1.7770				
3.5023				
0.6336				
1.3118				
0.3284				
0.2122				
0.2823				
Total: 8.8090				

Tabla 3.14: Matriz de juicios de inventario para expertos.

Relevancia	<b>ID1</b>	<b>ID2</b>	<b>ID3</b>	<b>ID4</b>	<b>ID5</b>	<b>ID6</b>
<b>ID1</b>	<b>1.0000</b>	4.5000	0.5778	0.5635	3.0000	1.1000
<b>ID2</b>	0.2222	<b>1.0000</b>	0.4048	1.0000	1.5000	0.3857
<b>ID3</b>	1.7308	2.4706	<b>1.0000</b>	2.3333	3.5000	3.8000
<b>ID4</b>	1.7746	1.0000	0.4286	<b>1.0000</b>	3.0000	1.4190
<b>ID5</b>	0.3333	0.6667	0.2857	0.3333	<b>1.0000</b>	1.5857
<b>ID6</b>	0.9091	2.5926	0.2632	0.7047	0.6306	<b>1.0000</b>
<b>TOTAL</b>	5.9701	12.2298	2.9600	5.9349	12.6306	9.2905

Tabla 3.13: Promedio de la importancia otorgada por los expertos a los indicadores de desempeño de inventario.

<b>Criterios</b>	<b>Experto 1</b>	<b>Experto 2</b>	<b>Experto 3</b>	<b>Experto 4</b>	<b>Prom.</b>
Relevancia entre ID1 e ID2	9	1	1	7	4.5000
Relevancia entre ID1 e ID3	1/9	1	1/5	1	0.5778
Relevancia entre ID1 e ID4	1/7	1/9	1	1	0.5635
Relevancia entre ID1 e ID5	7	3	1	1	3.0000
Relevancia entre ID1 e ID6	1/5	3	1/5	1	1.1000
Relevancia entre ID2 e ID3	1/7	1/3	1	1/7	0.4048
Relevancia entre ID2 e ID4	1	1	1	1	1.0000
Relevancia entre ID2 e ID5	1	1	3	1	1.5000
Relevancia entre ID2 e ID6	1/7	1	1/5	1/5	0.3857
Relevancia entre ID3 e ID4	7	1/3	1	1	2.3333
Relevancia entre ID3 e ID5	9	3	1	1	3.5000
Relevancia entre ID3 e ID6	9	5	1/5	1	3.8000
Relevancia entre ID4 e ID5	7	3	1	1	3.0000
Relevancia entre ID4 e ID6	1/7	5	1/5	1/3	1.4190
Relevancia entre ID5 e ID6	1/7	5	1/5	1	1.5857

ID1: rotación del inventario.

ID2: duración del inventario.

ID3: exactitud del inventario.

ID4: exactitud del sistema de localización del inventario.

ID5: inventario dañado e inventario obsoleto.

ID6: exactitud del pronóstico de demanda.



Tabla 3.15: Matriz normalizada por columnas para los indicadores de inventario en expertos.

Relevancia	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6
<b>ID1</b>	0.1675	0.3680	0.1952	0.0949	0.2375	0.1184
<b>ID2</b>	0.0372	0.0818	0.1367	0.1685	0.1188	0.0415
<b>ID3</b>	0.2899	0.2020	0.3378	0.3932	0.2771	0.4090
<b>ID4</b>	0.2973	0.0818	0.1448	0.1685	0.2375	0.1527
<b>ID5</b>	0.0558	0.0545	0.0965	0.0562	0.0792	0.1707
<b>ID6</b>	0.1523	0.2120	0.0889	0.1187	0.0499	0.1076

Tabla 3.16: Vector promedio para los indicadores de inventario en expertos.

Importancia de indicadores de desempeño de inventario		Ponderación
ID1	Rotación del inventario	19.69 %
ID2	Duración del inventario	9.74 %
ID3	Exactitud del inventario	31.82 %
ID4	Exactitud del sistema de localización del inventario	18.04 %
ID5	Inventario dañado e inventario obsoleto	8.55 %
ID6	Exactitud del pronóstico de demanda	12.16 %

Tabla 3.17: Razón de consistencia para los indicadores de inventario en expertos.

<b>nmax</b>	<b>n</b>	<b>IC</b>	<b>RI</b>	<b>CR</b>
m. juicios x v. promedio	Tamaño de la matriz	Índice de consistencia	Consistencia aleatoria	Razón de consistencia
1.3110	6	0.117769245	1.24	0.095
0.6255				
2.0819				
1.1926				
0.5599				
0.8179				
Total: 6.5888				

Tabla 3.18: Promedio de la importancia otorgada por los usuarios a los criterios

<b>Criterios</b>	<b>Usuario 1</b>	<b>Usuario 2</b>	<b>Usuario 3</b>	<b>Usuario 4</b>	<b>Prom.</b>
Relevancia entre C1 y C2	1	1	1	1	1.0000
C1= Pedido. C2= Inventario.					

Tabla 3.19: Matriz de juicios, matriz normalizada y vector promedio de criterios para usuarios

<b>Matriz de juicios de criterios</b>			<b>Matriz normalizada por columnas</b>			<b>Vector promedio</b>		
Rel.	C1	C2	Rel.	C1	C2	Importancia de criterios		Pond.
C1	1.0000	1.0000	C1	0.5000	0.5000	C1	Pedido	50.00%
C2	1.0000	1.0000	C2	0.5000	0.5000	C2	Inventario	50.00%
TOTAL	2.0000	2.0000	matriz 2x2 siempre es consistente					

Tabla 3.20: Promedio de la importancia otorgada por los usuarios a los indicadores de desempeño de pedido.

<b>Criterios</b>	<b>Usuario 1</b>	<b>Usuario 2</b>	<b>Usuario 3</b>	<b>Usuario 4</b>	<b>Prom.</b>
Relevancia entre ID1 e ID2	1/3	1	1/3	1/5	0.4667
Relevancia entre ID1 e ID3	1	1/5	1/7	1/3	0.4190
Relevancia entre ID1 e ID4	1	1	3	1/5	1.3000
Relevancia entre ID1 e ID5	1/9	1/5	1/7	5	1.3635
Relevancia entre ID1 e ID6	3	1/3	1/5	3	1.6333
Relevancia entre ID1 e ID7	3	5	9	3	5.0000
Relevancia entre ID1 e ID8	1	7	1	5	3.5000
Relevancia entre ID2 e ID3	1/9	1	1/5	1	0.5778
Relevancia entre ID2 e ID4	3	5	1/3	5	3.3333
Relevancia entre ID2 e ID5	9	7	1/3	5	5.3333
Relevancia entre ID2 e ID6	3	5	1/3	5	3.3333
Relevancia entre ID2 e ID7	9	5	9	7	7.5000
Relevancia entre ID2 e ID8	5	5	1/3	1/3	2.6667
Relevancia entre ID3 e ID4	9	3	1	3	4.0000
Relevancia entre ID3 e ID5	9	1/3	1	3	3.3333
Relevancia entre ID3 e ID6	5	5	1	1	3.0000
Relevancia entre ID3 e ID7	5	3	1	1	2.5000
Relevancia entre ID3 e ID8	5	5	1	1	3.0000
Relevancia entre ID4 e ID5	1/9	1/7	1	5	1.5635
Relevancia entre ID4 e ID6	1/3	5	3	1	2.3333
Relevancia entre ID4 e ID7	9	1/5	1/3	3	3.1333
Relevancia entre ID4 e ID8	7	3	1/5	3	3.3000
Relevancia entre ID5 e ID6	5	1	5	1/3	2.8333
Relevancia entre ID5 e ID7	7	5	1	3	4.0000
Relevancia entre ID5 e ID8	1	3	1	3	2.0000
Relevancia entre ID6 e ID7	9	3	1/3	1	3.3333
Relevancia entre ID6 e ID8	7	3	1	5	4.0000
Relevancia entre ID7 e ID8	1/3	1/3	1	3	1.1667
ID1: volumen de compra ID2: ventas extraordinarias ID3: entregas completas ID4: entregas en perfectas condiciones	ID5: entregas a tiempo ID6: calidad de los pedidos generados ID7: documentación sin problemas ID8: ciclo de la orden de pedido				

Tabla 3.21: Matriz de juicios de pedido para usuarios

Relevancia	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
<b>ID1</b>	<b>1.0000</b>	0.4667	0.4190	1.3000	1.3635	1.6333	5.0000	3.5000
<b>ID2</b>	2.1429	<b>1.0000</b>	0.5778	3.3333	5.3333	3.3333	7.5000	2.6667
<b>ID3</b>	2.3864	1.7308	<b>1.0000</b>	4.0000	3.3333	3.0000	2.5000	3.0000
<b>ID4</b>	0.7692	0.3000	0.2500	<b>1.0000</b>	1.5635	2.3333	3.1333	3.3000
<b>ID5</b>	0.7334	0.1875	0.3000	0.6396	<b>1.0000</b>	2.8333	4.0000	2.0000
<b>ID6</b>	0.6122	0.3000	0.3333	0.4286	0.3529	<b>1.0000</b>	3.3333	4.0000
<b>ID7</b>	0.2000	0.1333	0.4000	0.3191	0.2500	0.3000	<b>1.0000</b>	1.1667
<b>ID8</b>	0.2857	0.3750	0.3333	0.3030	0.5000	0.2500	0.8571	<b>1.0000</b>
<b>TOTAL</b>	8.1298	4.4933	3.6135	11.3237	13.6966	14.6833	27.3238	20.6333

Tabla 3.22: Matriz normalizada por columnas para los indicadores de pedido en usuarios.

Relevancia	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
<b>ID1</b>	0.1230	0.1039	0.1160	0.1148	0.0995	0.1112	0.1830	0.1696
<b>ID2</b>	0.2636	0.2226	0.1599	0.2944	0.3894	0.2270	0.2745	0.1292
<b>ID3</b>	0.2935	0.3852	0.2767	0.3532	0.2434	0.2043	0.0915	0.1454
<b>ID4</b>	0.0946	0.0668	0.0692	0.0883	0.1142	0.1589	0.1147	0.1599
<b>ID5</b>	0.0902	0.0417	0.0830	0.0565	0.0730	0.1930	0.1464	0.0969
<b>ID6</b>	0.0753	0.0668	0.0922	0.0378	0.0258	0.0681	0.1220	0.1939
<b>ID7</b>	0.0246	0.0297	0.1107	0.0282	0.0183	0.0204	0.0366	0.0565
<b>ID8</b>	0.0351	0.0835	0.0922	0.0268	0.0365	0.0170	0.0314	0.0485

Tabla 3.23: Vector promedio para los indicadores de pedido en usuarios.

Importancia de indicadores de desempeño de pedido		Ponderación
ID1	Volumen de compra	12.76 %
ID2	Ventas extraordinarias	24.51 %
ID3	Entregas completas	24.92 %
ID4	Entregas en perfectas condiciones	10.83 %
ID5	Entregas a tiempo	9.76 %
ID6	Calidad de los pedidos generados	8.52 %
ID7	Documentación sin problemas	4.06 %
ID8	Ciclo de la orden de pedido	4.64 %

Tabla 3.24: Razón de consistencia para los indicadores de pedido en usuarios.

nmax	n	IC	RI	CR
m. juicios x v. promedio	Tamaño de la matriz	Índice de consistencia	Consistencia aleatoria	Razón de consistencia
1.1249	8	0.131527597	1.4	0.094
2.2565				
2.2329				
0.9741				
0.8779				
0.7217				
0.3371				
0.3955				
Total: 8.9207				

Tabla 3.25: Promedio de la importancia otorgada por los usuarios a los indicadores de desempeño de inventario.

<b>Criterios</b>	<b>Usuario 1</b>	<b>Usuario 2</b>	<b>Usuario 3</b>	<b>Usuario 4</b>	<b>Prom.</b>
Relevancia entre ID1 e ID2	9	3	1/5	1	3.3000
Relevancia entre ID1 e ID3	1/3	1/5	1/3	1	0.4667
Relevancia entre ID1 e ID4	1/9	1/5	1/3	5	1.4111
Relevancia entre ID1 e ID5	7	3	1/3	5	3.8333
Relevancia entre ID1 e ID6	7	5	1	5	4.5000
Relevancia entre ID2 e ID3	1/3	1/7	1/3	1	0.4524
Relevancia entre ID2 e ID4	1/9	5	1/3	7	3.1111
Relevancia entre ID2 e ID5	7	3	1/5	7	4.3000
Relevancia entre ID2 e ID6	1/9	7	1	7	3.7778
Relevancia entre ID3 e ID4	5	3	1	7	4.0000
Relevancia entre ID3 e ID5	5	5	7	5	5.5000
Relevancia entre ID3 e ID6	9	5	9	5	7.0000
Relevancia entre ID4 e ID5	5	1/5	1/3	1/5	1.4333
Relevancia entre ID4 e ID6	1/7	5	3	5	3.2857
Relevancia entre ID5 e ID6	1/7	5	5	3	3.2857

ID1: rotación del inventario.

ID2: duración del inventario.

ID3: exactitud del inventario.

ID4: exactitud del sistema de localización del inventario.

ID5: inventario dañado e inventario obsoleto.

ID6: exactitud del pronóstico de demanda.

Tabla 3.26: Matriz de juicios de inventario para usuarios.

Relevancia	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6
<b>ID1</b>	<b>1.0000</b>	3.3000	0.4667	1.4111	3.8333	4.5000
<b>ID2</b>	0.3030	<b>1.0000</b>	0.4524	3.1111	4.3000	3.7778
<b>ID3</b>	2.1429	2.2105	<b>1.0000</b>	4.0000	5.5000	7.0000
<b>ID4</b>	0.7087	0.3214	0.2500	<b>1.0000</b>	1.4333	3.2857
<b>ID5</b>	0.2609	0.2326	0.1818	0.6977	<b>1.0000</b>	3.2857
<b>ID6</b>	0.2222	0.2647	0.1429	0.3043	0.3043	<b>1.0000</b>
<b>TOTAL</b>	4.6376	7.3292	2.4937	10.5242	16.3710	22.8492

Tabla 3.27: Matriz normalizada por columnas para los indicadores de inventario en usuarios.

Relevancia	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6
<b>ID1</b>	0.2156	0.4503	0.1871	0.1341	0.2342	0.1969
<b>ID2</b>	0.0653	0.1364	0.1814	0.2956	0.2627	0.1653
<b>ID3</b>	0.4621	0.3016	0.4010	0.3801	0.3360	0.3064
<b>ID4</b>	0.1528	0.0439	0.1003	0.0950	0.0876	0.1438
<b>ID5</b>	0.0563	0.0317	0.0729	0.0663	0.0611	0.1438
<b>ID6</b>	0.0479	0.0361	0.0573	0.0289	0.0186	0.0438

Tabla 3.28: Vector promedio para los indicadores de inventario en usuarios.

Importancia de indicadores de desempeño de inventario		Ponderación
ID1	Rotación del inventario	23.64 %
ID2	Duración del inventario	18.45 %
ID3	Exactitud del inventario	36.45 %
ID4	Exactitud del sistema de localización del inventario	10.39 %
ID5	Inventario dañado e inventario obsoleto	7.20 %
ID6	Exactitud del pronóstico de demanda	3.88 %

Tabla 3.29: Razón de consistencia para los indicadores de inventario en usuarios.

<b>nmax</b>	<b>n</b>	<b>IC</b>	<b>RI</b>	<b>CR</b>
m. juicios x v. promedio	Tamaño de la matriz	Índice de consistencia	Consistencia aleatoria	Razón de consistencia
1.6123	6	0.103018452	1.24	0.083
1.2003				
2.3617				
0.6524				
0.4427				
0.2457				
Total: 6.5151				

Paso 3: muestra el resultado final. En la tabla 3.30, las ponderaciones locales resultan del vector promedio hallado para cada indicador en específico (ver tablas 3.11 y 3.16). La ponderación criterio se toma del vector promedio de la comparación entre los criterios de pedido e inventario, para el caso de indicadores de pedido 29.53 % y para los indicadores de inventario del 70.47 % (ver tabla 3.7). En la columna de ponderación global se ubica el producto que resulta de la ponderación local por la del criterio. La última columna de ponderación acumulada ayuda a determinar hasta qué indicador la importancia acumulada se ajusta a la ley de Pareto. En este caso hasta inventario dañado e inventario obsoleto se obtiene una importancia del 81.71 % para alcanzar el objetivo de la tesis. De esta forma se obtiene una relación 50 % de los indicadores tienen el 81.71 % de la relevancia para que gracias a su medición y monitoreo se ayude en la disminución del desabastecimiento. Estos son considerados los más importantes y podemos nombrarlos como los *KPIs* de los expertos, 7 *KPIs*.



Tabla 3.30: Resultado global de los expertos.

<b>Indicadores</b>	<b>Pond. local</b>	<b>Pond. criterio</b>	<b>Pond. global</b>	<b>Pond. acum.</b>
Exactitud del inventario	31.82 %	70.47 %	22.42 %	22.42 %
Rotación del inventario	19.69 %	70.47 %	13.88 %	36.30 %
Exactitud del sistema de localización del inventario	18.04 %	70.47 %	12.71 %	49.01 %
Entregas completas	38.05 %	29.53 %	11.24 %	60.25 %
Exactitud del pronóstico de demanda	12.16 %	70.47 %	8.57 %	68.82 %
Duración del inventario	9.74 %	70.47 %	6.87 %	75.68 %
Inventario dañado e inventario obsoleto	8.55 %	70.47 %	6.02 %	81.71 %
Ventas extraordinarias	19.90 %	29.53 %	5.88 %	87.58 %
Entregas a tiempo	15.60 %	29.53 %	4.61 %	92.19 %
Volumen de compra	9.05 %	29.53 %	2.67 %	94.86 %
Entregas en perfectas condiciones	7.53 %	29.53 %	2.22 %	97.09 %
Calidad de los pedidos generados	3.92 %	29.53 %	1.16 %	98.25 %
Ciclo de la orden de pedido	3.41 %	29.53 %	1.01 %	99.25 %
Documentación sin problemas	2.53 %	29.53 %	0.75 %	100.00 %

Ahora bien, en la tabla 3.31, las ponderaciones locales resultan del vector promedio hallado para cada indicador en específico (ver tablas 3.23 y 3.28). La ponderación criterio se toma del vector promedio de la comparación entre los criterios de pedido e inventario, para el caso de indicadores de pedido 50 % y para los indicadores de inventario del 50 % (ver tabla 3.19). En la columna de ponderación global se ubica el producto que resulta de la ponderación local por la del criterio. La última columna de ponderación acumulada ayuda a determinar hasta qué indicador la importancia acumulada se ajusta al método de Pareto. En este caso hasta exactitud del sistema de localización del inventario se obtiene una importancia del 80.97 % para

alcanzar el objetivo de la tesis. De esta forma se obtiene una relación 57.14% de los indicadores tienen el 80.97% de la relevancia para por medio de su medición y monitoreo, ayudar en la disminución del desabastecimiento. Estos son considerados los más importantes y podemos nombrarlos como los *KPIs* de los usuarios, 8 *KPIs*.

Tabla 3.31: Resultado global de los usuarios.

<b>Indicadores</b>	<b>Pond. local</b>	<b>Pond. criterio</b>	<b>Pond. global</b>	<b>Pond. acum.</b>
Exactitud del inventario	36.45 %	50.00 %	18.23 %	18.23 %
Entregas completas	24.92 %	50.00 %	12.46 %	30.68 %
Ventas extraordinarias	24.51 %	50.00 %	12.25 %	42.94 %
Rotación del inventario	23.64 %	50.00 %	11.82 %	54.76 %
Duración del inventario	18.45 %	50.00 %	9.22 %	63.98 %
Volumen de compra	12.76 %	50.00 %	6.38 %	70.36 %
Entregas en perfectas condiciones	10.83 %	50.00 %	5.42 %	75.78 %
Exactitud del sistema de localización del inventario	10.39 %	50.00 %	5.19 %	80.97 %
Entregas a tiempo	9.76 %	50.00 %	4.88 %	85.85 %
Calidad de los pedidos generados	8.52 %	50.00 %	4.26 %	90.11 %
Inventario dañado e inventario obsoleto	7.20 %	50.00 %	3.60 %	93.71 %
Ciclo de la orden de pedido	4.64 %	50.00 %	2.32 %	96.03 %
Documentación sin problemas	4.06 %	50.00 %	2.03 %	98.06 %
Exactitud del pronóstico de demanda	3.88 %	50.00 %	1.94 %	100.00 %

### 3.7 CONCLUSIÓN

Ya se ha visto que diferentes autores consideran la gestión de inventarios como un factor inherente al problema del desabastecimiento. Varias son las alternativas

de solución empleadas, entre ellas: estimar el costo de tener inventario y el del desabastecimiento, para tomar decisiones en cuanto a la cantidad de pedido a solicitar al proveedor como el nivel de existencias a mantener.

También se ha visto la incorporación de un inventario de seguridad como amortiguador de la demanda, una política que en la mayoría de los casos es establecida arbitrariamente, elevando los costos relacionados con el inventario, algo que sin duda le restaría a la ventaja competitiva de esta comercializadora.

Sin embargo, realizar una orden de pedido con las cantidades correctas puede estar relacionado con el problema planteado. De tal forma que es conveniente guardar un equilibrio entre las compras y los inventarios, evitando que aumenten los costos por el exceso del mismo y también procurando que no escaseen y se incurra en costos altos por pérdida de ventas.

Por otra parte, la búsqueda de indicadores para atender este problema en específico, requirió de la relación con las causas de desabastecimiento identificadas. Algunos mostraban una relación directa como es el caso de «exactitud del inventario» con la causa de inexactitud de inventario; para otros se necesitó indagar en los objetivos que perseguían y su utilidad para asociarlos. Principalmente porque los indicadores no se clasifican por problemas, es decir, no se encontró ninguna clasificación de indicadores que ayudaran a disminuir la falta de existencias.

Para el diseño de la encuesta se requirió de la elaboración de un formato que pudiera ser llenado física y electrónicamente usando la tabla de valoración de Saaty; y debido a la ausencia de un formato para ello en la literatura, se usó un diseño inicial que después con la ayuda de los expertos, se ajustó para hacerla más comprensible y amigable para aplicar posteriormente a los usuarios.

Con respecto a los resultados, se han podido establecer las prioridades de los indicadores para los expertos por un lado, y las prioridades de los indicadores para los usuarios por otro lado. Se han obtenido los resultados locales de los expertos que pueden servir a modo de recomendación para empresas comercializadoras, sobre qué

indicadores manejar en sus áreas de compras e inventarios con el fin de mantener un nivel de disponibilidad deseado. Y también se obtuvieron los resultados globales, en donde de catorce indicadores propuestos, siete son considerados como los más importantes, de tal forma que se convierten en los *KPIs* para ayudar a disminuir el desabastecimiento, de acuerdo a los expertos consultados. Mientras que en los resultados globales de los usuarios se obtuvieron ocho *KPIs*.

De los siete *KPIs* para expertos, sólo uno pertenece a pedido, el resto son indicadores de inventario. Lo que muestra una fuerte inclinación de los expertos, por atender el problema desde la gestión de esta área. Por otra parte, de los ocho *KPIs* para usuarios, cuatro son de inventario y el resto son de pedido. Para este grupo de usuarios una gestión adecuada y balanceada tanto de pedidos como del inventario, puede ayudar a alcanzar el objetivo.

Si comparamos los resultados de ambos grupos, tenemos que hay cuatro indicadores en los que coinciden considerándolos muy importantes para implementar. Estos cuatro indicadores son: exactitud del inventario, rotación del inventario, duración del inventario y exactitud del sistema de localización del inventario.

La calidad de las respuestas de ambos grupos encuestados se considera aceptable guiados por la razón de consistencia aplicada. Y a pesar de considerar la comparación de una de las matrices, con ocho indicadores (más de los recomendados por Saaty y Ozdemir (2003)), el resultado se ubica dentro del rango establecido. Esto puede ser gracias a la correcta selección de los expertos y su perfil, en el caso de este grupo; y la selección de usuarios que tuvieran relación directa con los departamentos de compras e inventario. Por lo tanto, son respuestas válidas y permiten continuar con el desarrollo del análisis.

## CAPÍTULO 4

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

El análisis de resultados es producto de los datos obtenidos, a través de las encuestas realizadas tanto a expertos como usuarios. Se analizan sus respuestas y los respectivos resultados generados mediante la aplicación del método *AHP* para saber de acuerdo a la opinión y experiencia de cada individuo, la importancia relativa de cada indicador propuesto para disminuir el desabastecimiento en una comercializadora. Además de obtener resultados locales por cada uno de los grupos de encuestados, se logra conocer la jerarquización global y adicionalmente se señalan los más importantes de acuerdo a la teoría de Pareto. Se agregan complementos visuales de gráficos, para un mejor entendimiento de los resultados. En este capítulo se determinan los *KPIs* idóneos para disminuir el desabastecimiento en la comercializadora.

## 4.1 EXPERTOS

### 4.1.1 PONDERACIÓN LOCAL

El criterio de inventario parece estar relacionado con el concepto de disminuir el desabastecimiento en una comercializadora en un 70.47 %, mientras que el criterio

de pedido puede ayudar en menor medida con el objetivo establecido en un 29.53 % (ver figura 4.1). Esto se puede explicar mediante la experiencia en campo de los encuestados, quienes han sido testigos de las prácticas empresariales y consideran que los indicadores de desempeño relacionados con el inventario pueden contribuir en mayor medida con la disminución de desabastecimientos.

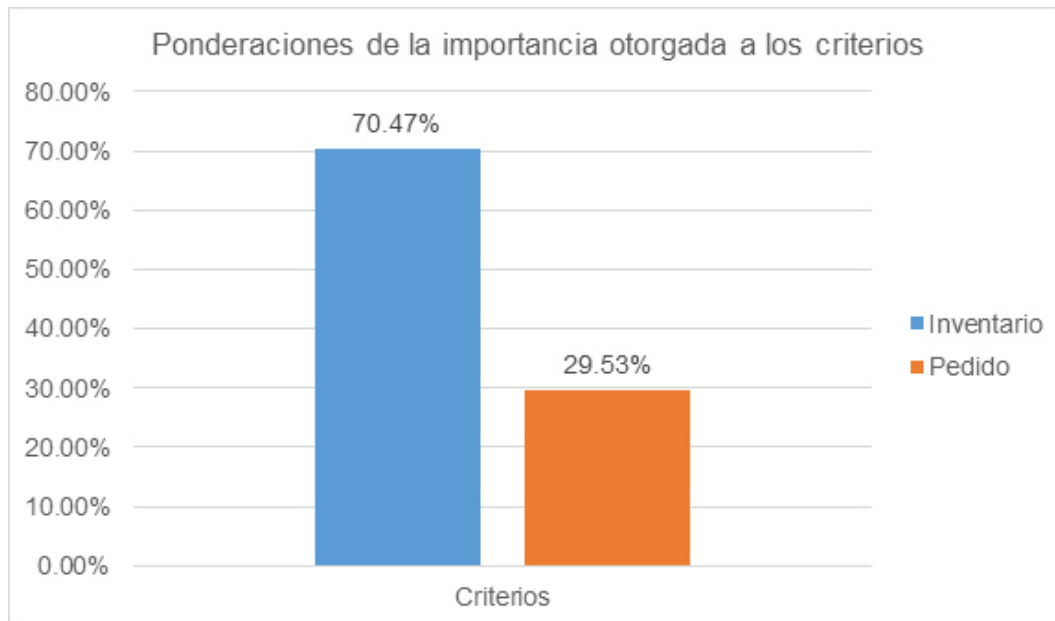


Figura 4.1: Resultado local de criterios para expertos.

Con respecto a las alternativas dentro del criterio de pedido (ver figura 4.2), el indicador que más ayuda a disminuir el desabastecimiento según los expertos, es el de entregas completas con un 38.05 %. Dando por hecho que la gestión esté bien ejecutada, contar con las cantidades exactas de lo que se pidió al proveedor parece ser el factor más importante, seguido de las ventas extraordinarias con un 19.90 %.

La demanda está estrechamente relacionada con el anterior indicador. Aquellas cantidades extras que no se contemplaron en la planeación del pronóstico, afectan en la disponibilidad del producto, disminuyendo el nivel de inventario hasta agotarse, causando el desabastecimiento. Por lo tanto, contar con la medición de estas fluctuaciones puede ayudar en las predicciones futuras.

Las entregas a tiempo ocupan el tercer lugar con el 15.60 %. De la puntualidad

en las entregas, depende la realización de otras operaciones que acercan el producto hacia cliente. Sin los tiempos exactos en las entregas, se pueden producir retrasos en el resto de la cadena y causar una ruptura al no poder mover el producto por falta de disponibilidad.

A continuación, el indicador volumen de compra obtiene un 9.05 % en importancia para el objetivo planteado. Las cantidades obtenidas del fabricante son importantes. De acuerdo al comportamiento de la demanda, se hace un estimado de cuánto se puede llegar a vender durante el tiempo en que se espera la llegada de un nuevo pedido. Si se sabe que las ventas presentan una variación positiva, las cantidades a solicitar pueden requerir de un aumento para no incurrir en posibles desabastecimientos.

Hasta este punto el 82.6 % de la importancia otorgada a los indicadores ha sido para cuatro de ellos: entregas completas, ventas extraordinarias, entregas a tiempo, y volumen de compra. Siguiendo el principio de Pareto, estos serían los indicadores más importantes dentro del criterio de pedido, alcanzando un poco más del 80 % de la importancia o relevancia total. Los otros indicadores reciben su importancia así: entregas en perfectas condiciones (7.53 %) calidad de los pedidos generados (3.92 %), ciclo de la orden de pedido (3.41 %) y documentación sin problemas (2.53 %).

Se puede concluir, que son cuatro los indicadores más importantes que corresponden al criterio de pedido, que de acuerdo a la experiencia de los expertos ayudan en mayor medida a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora. Es preciso aclarar que los resultados analizados son exclusivamente locales, pues los resultados globales se presentan al final de este análisis.

La razón de consistencia es de 0.083 lo cual es aceptable, cumpliendo la recomendación de ser menor o igual a 0.1. Esto indica que la opinión de los expertos es consistente y sus respuestas son válidas.

En los resultados arrojados sobre los indicadores pertenecientes al criterio de inventario (ver figura 4.3), el de exactitud del inventario encabeza las ponderaciones y

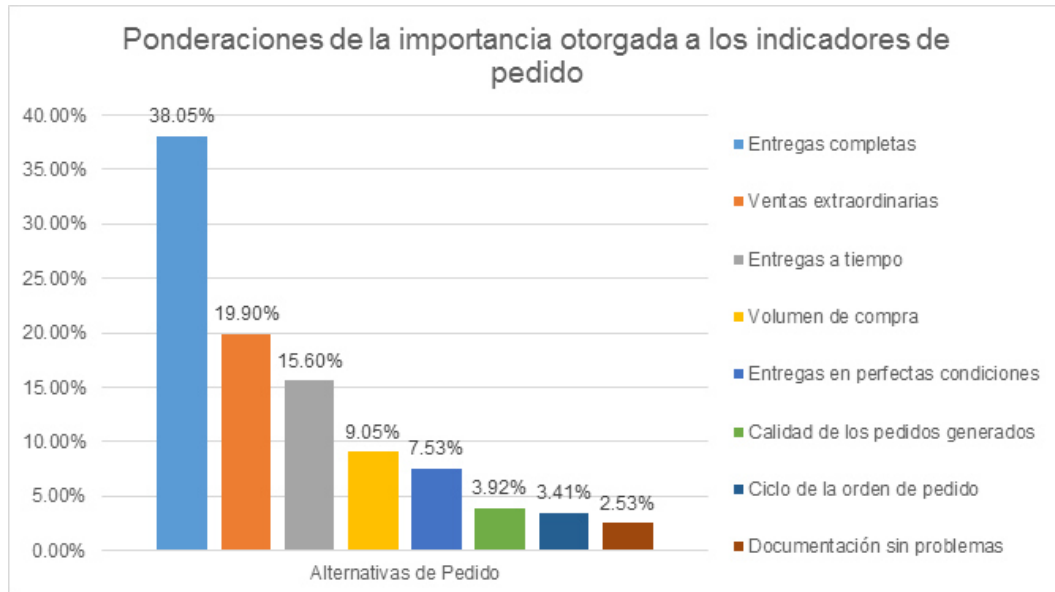


Figura 4.2: Resultado local de los indicadores de pedido para expertos.

recibe un 31.82%. Con una importancia de casi un tercio del total de la distribución, este indicador parece liderar excepcionalmente dentro de su grupo. Al parecer, saber exactamente las cantidades que se tienen disponibles para su venta es importante en la medida que garantiza saber con precisión las unidades que existen.

Seguido en el segundo lugar con la rotación del inventario (19.69%), los expertos consideran importante saber la frecuencia con la que se están vendiendo los productos para garantizar que nunca falten.

Posteriormente la exactitud del sistema de localización del inventario, al ser un medio para conocer y gestionar los inventarios, debe ser totalmente confiable para poder tomar decisiones. Este indicador alcanza el 18.04%.

Por su parte, la exactitud del pronóstico de demanda obtiene un 12.16%. Los expertos consideran que entre más acertado sea un pronóstico menos riesgos de tener desabastecimiento. Logrando hacer los ajustes necesarios para evitarlos en un futuro. Hasta este punto, los indicadores presentados suman el 81.71%, logrando catapultarse como los más importantes del criterio de inventario, estos son: exactitud del inventario, rotación del inventario, exactitud del sistema de localización del inven-



tario y exactitud del pronóstico de demanda. La duración del inventario, inventario dañado e inventario obsoleto, reciben el 9.74 % y 8.55 %, respectivamente.

Se puede concluir que son cuatro los indicadores más importantes que corresponden al criterio de inventario, que de acuerdo a la experiencia de los expertos ayudan en mayor medida a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora. Estos son sólo de los resultados locales, pues los resultados globales se presentan al final de este análisis.

La razón de consistencia es de 0.095 lo cual es aceptable, cumpliendo la recomendación de ser menor o igual a 0.1. Por ende, se puede continuar con el análisis.

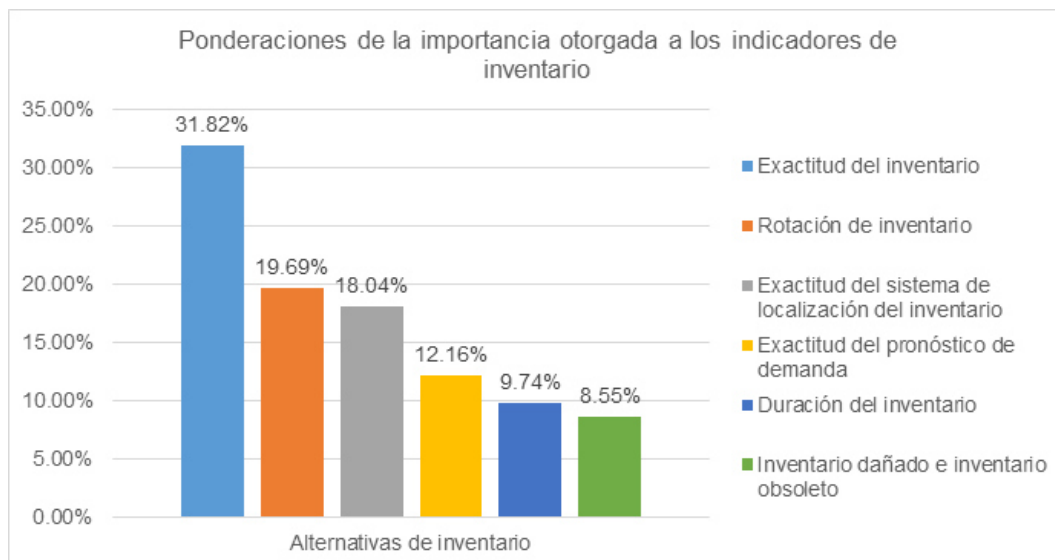


Figura 4.3: Resultado local de los indicadores de inventario para expertos.

#### 4.1.2 PONDERACIÓN GLOBAL

A continuación se muestran las ponderaciones globales de los expertos en la tabla 4.1. En ella se abrevia ponderación como pond. La ponderación global de expertos es el producto de la ponderación local o pesos locales de cada indicador, por la ponderación del criterio al que pertenece dicho indicador. Para el ejemplo de exactitud del inventario: el 31.82 % del peso local multiplicado por el 70.47 % de la

ponderación del criterio de inventario, da como resultado una ponderación global de 22.42 %. En otras palabras, se obtiene el 31.82 % del 70.47 %. Esto se repite para todos los indicadores que pertenecen al criterio de inventario. Para el caso de los indicadores del criterio de pedido el procedimiento es el mismo, sólo cambia la ponderación del criterio el cual sería 29.53 %.

Los resultados se ordenan de forma jerarquizada de mayor a menor importancia y se obtiene la importancia acumulada para establecer la ley de Pareto. Los siete indicadores corresponden a los *KPIs* para ayudar a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora según los expertos consultados.

Tabla 4.1: Determinación de *KPIs* según los expertos

<b>Indicadores</b>	<b>Pond. local</b>	<b>Pond. criterio</b>	<b>Pond. global</b>	<b>Pond. acumulada</b>
Exactitud del inventario	31.82 %	70.47 %	22.42 %	22.42 %
Rotación del inventario	19.69 %	70.47 %	13.88 %	36.30 %
Exactitud del sistema de localización del inventario	18.04 %	70.47 %	12.71 %	49.01 %
Entregas completas	38.05 %	29.53 %	11.24 %	60.25 %
Exactitud del pronóstico de demanda	12.16 %	70.47 %	8.57 %	68.82 %
Duración del inventario	9.74 %	70.47 %	6.87 %	75.68 %
Inventario dañado e inventario obsoleto	8.55 %	70.47 %	6.02 %	81.71 %

De los 7 *KPIs*, seis pertenecen al grupo de inventario y sólo uno al de pedido (ver figura 4.4). Esto nos permite concluir que el problema que se aborda puede llegar a solucionarse mediante una correcta gestión del inventario.

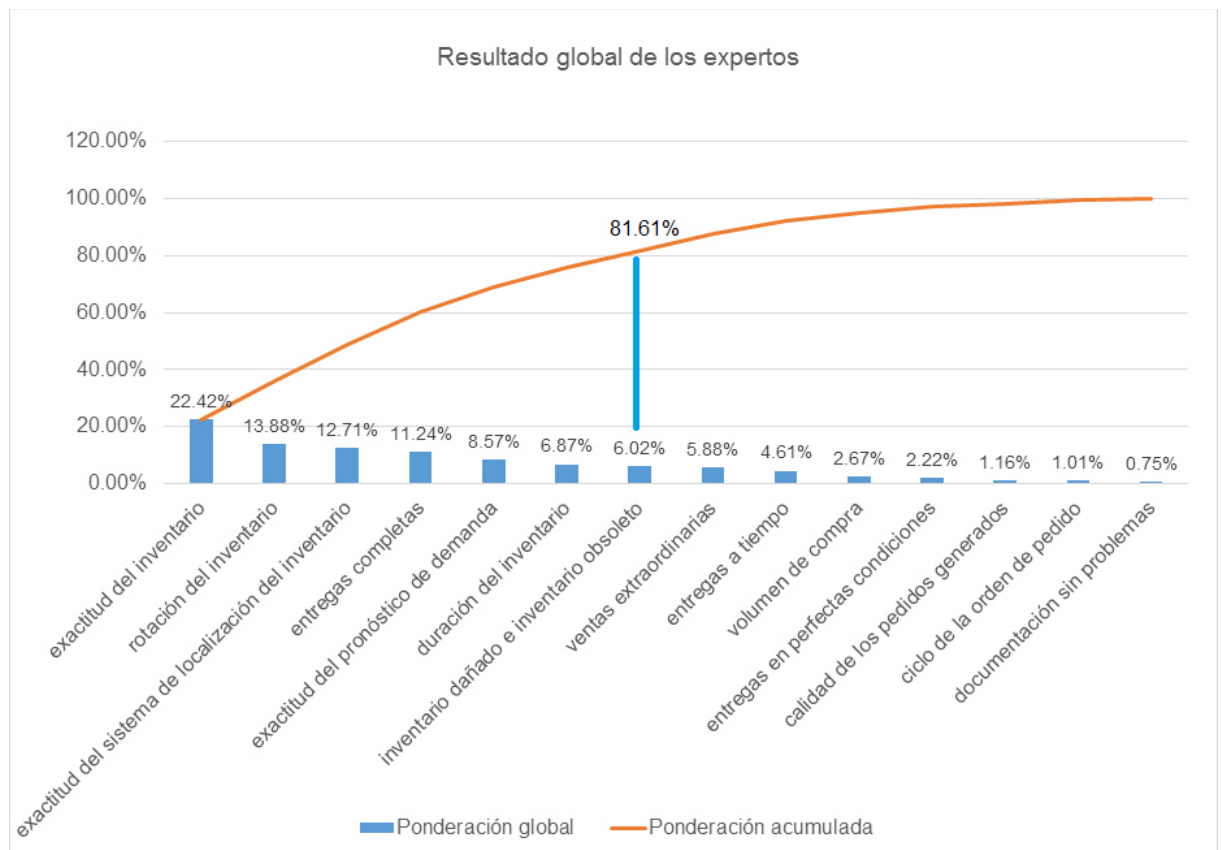


Figura 4.4: Resultado global de expertos.

## 4.2 USUARIOS

### 4.2.1 PONDERACIÓN LOCAL

Tanto el criterio de pedido como el de inventario parecen responder de una forma equilibrada con el concepto de disminuir el desabastecimiento en una comercializadora, cada uno con una ponderación del 50% (ver figura 4.5). Esto se puede explicar mediante la experiencia diaria de los encuestados, quienes se enfrentan constantemente a las problemáticas y retos de la compañía estudiada y consideran que gestionar tanto el área de compras como la de inventarios puede ayudar a alcanzar el objetivo.

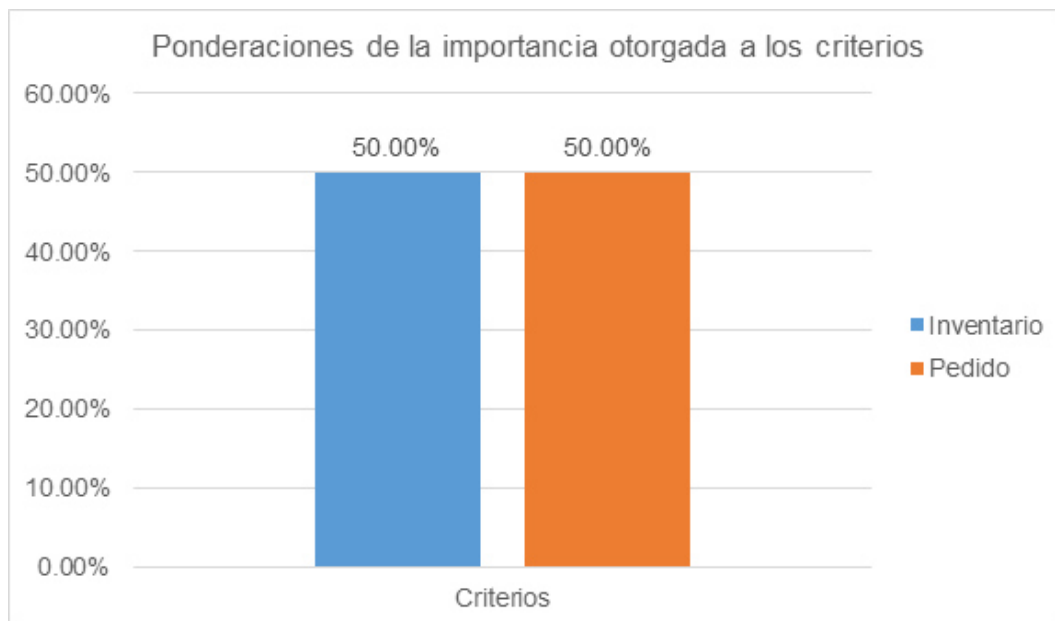


Figura 4.5: Resultado local de criterios para usuarios.

En los indicadores de pedido (ver figura 4.6), el indicador que más ayuda a disminuir el desabastecimiento según los usuarios, es el de entregas completas con un 24.92%. Al igual que el análisis local de expertos, los usuarios consideran que este es el indicador más importante dentro del criterio de pedido. Recibir exactamente lo que se pide, evitará quedarse sin unidades requeridas.

Las ventas extraordinarias ocupan el segundo lugar, mismo que ocupa para los expertos también. Para los usuarios este indicador alcanza el 24.51 % de la importancia para lograr el objetivo. Tal parece que la demanda incide notoriamente en la disponibilidad de productos, frente a una alza, se agotan las existencias y se presenta este problema.

El volumen de la compra se encuentra en el tercer lugar con un 12.76 %, este indicador también está relacionado con la demanda y permite ver la necesidad de pedir una mayor cantidad de unidades para evitar un agotamiento.

El indicador que ocupa el cuarto lugar es el de entregas en perfectas condiciones con un 10.83 %. De nada sirve recibir la entregas con la cantidad de producto correcta, si los productos no se encuentran en condiciones de venta o no eran los requeridos. Esto provoca una disminución en las cantidades disponibles y puede causar el desabastecimiento.

Las entregas a tiempo por su parte ocupan el quinto lugar de la lista jerarquizada por orden de importancia, con una ponderación del 9.76 %. Un retraso por pequeño que parezca puede generar efectos negativos para el resto de la cadena. Esto afecta el cumplimiento con los clientes internos y externos y puede llegar a ocasionar la pérdida de ventas.

Hasta este punto el 82.78 % de la importancia otorgada a los indicadores ha sido para cinco de ellos: entregas completas, ventas extraordinarias, volumen de compra, entregas en perfectas condiciones, y entregas a tiempo. Siguiendo el principio de Pareto, estos serían los indicadores más importantes dentro del criterio de pedido, alcanzando un poco más el 80 % de la importancia o relevancia total. Los indicadores restante de pedido reciben su importancia así: calidad de los pedidos generados (8.52 %), ciclo de la orden de pedido (4.64 %) y documentación sin problemas (4.06 %).

Se puede concluir, que son cinco los indicadores más importantes que corresponden al criterio de pedido, que de acuerdo a la experiencia de los usuarios ayudan

en mayor medida a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora. Nuevamente se aclara que los resultados analizados son exclusivamente locales, pues los resultados globales se presentan al final de este análisis.

La razón de consistencia es de 0.094 lo cual es aceptable, cumpliendo la recomendación de ser menor o igual a 0.1. Así que se puede proceder con el análisis.

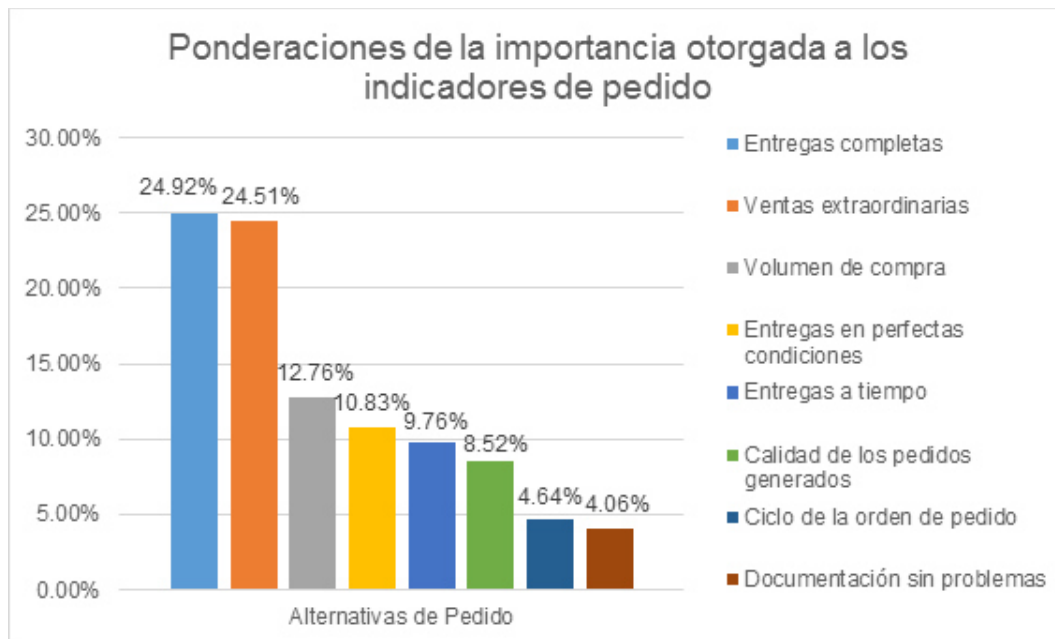


Figura 4.6: Resultado local de los indicadores de pedido para usuarios.

Ya con respecto a los resultados sobre los indicadores pertenecientes al criterio de inventario (ver figura 4.7), el de exactitud del inventario al igual que para los expertos, ocupa el primer lugar según los usuarios con un 36.45%. Con una importancia de más de un tercio del total de la distribución, este indicador parece ser el protagonista para dar solución a la problemática planteada.

En el segundo lugar se encuentra la rotación del inventario (23.64%), identificando aquellos productos que más se venden, se pueden estimar políticas que garanticen que nunca falten.

En el puesto tres se posiciona la duración del inventario con un 18.45%. Los usuarios consideran que saber el tiempo que dura el producto en un almacén puede

ayudar considerablemente a preparar lotes de pedido que satisfagan la demanda futura.

Hasta este punto, los indicadores presentados suman el 78.54 %, son entonces los más importantes dentro del grupo de inventario para los usuarios. Estos son: exactitud del inventario, rotación del inventario, duración del inventario. Los indicadores que continúan en la lista jerarquizada, por orden de importancia son: exactitud del sistema de localización del inventario (10.39 %), inventario dañado e inventario obsoleto (7.20 %); y exactitud del pronóstico de demanda (3.88 %).

Se puede concluir que son tres los indicadores más importantes que corresponden al criterio de inventario, que de acuerdo a la experiencia de los usuarios ayudan en mayor medida a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora. Se debe tener en mente que los resultados analizados son locales, y hay que revisar los resultados globales que están al final de este análisis.

La razón de consistencia es de 0.083 lo cual es aceptable, cumpliendo la recomendación de ser menor o igual a 0.1. Esto indica que la opinión de los usuarios es consistente y sus respuestas son válidas.

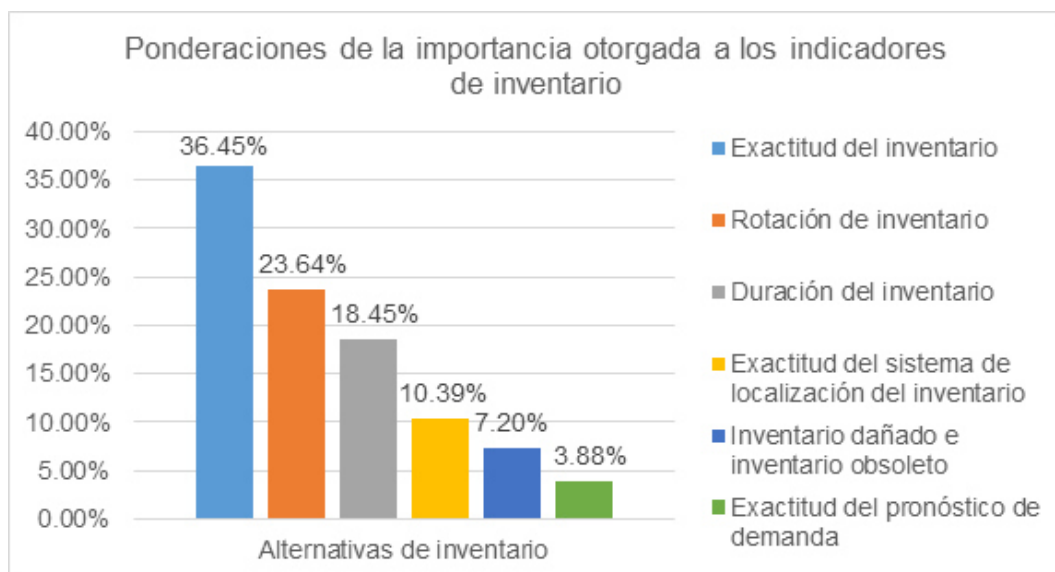


Figura 4.7: Resultado local de los indicadores de inventario para usuarios.

### 4.2.2 PONDERACIÓN GLOBAL

A continuación se muestran las ponderaciones globales de los usuarios en la tabla 4.2. En ella se abrevia ponderación como pond. La ponderación global de expertos es el producto de la ponderación local o pesos locales de cada indicador, por la ponderación del criterio al que pertenece dicho indicador. Para el ejemplo de exactitud del inventario: el 36.45 % del peso local multiplicado por el 50 % de la ponderación del criterio de inventario, da como resultado una ponderación global de 18.23 %. En otras palabras, se obtiene el 36.45 % del 50 %. Esto se repite para todos los indicadores que pertenecen al criterio de inventario y ya que la ponderación del criterio de pedido es también del 50 %, el procedimiento es igual.

Los resultados se ordenan de forma jerarquizada de mayor a menor importancia y se obtiene la importancia acumulada para establecer la ley de Pareto. Los ocho indicadores corresponden a los *KPIs* para ayudar a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora según los usuarios consultados.

Tabla 4.2: Determinación de *KPIs* según los usuarios

<b>Indicadores</b>	<b>Pond. local</b>	<b>Pond. criterio</b>	<b>Pond. global</b>	<b>Pond. acumulada</b>
Exactitud del inventario	36.45 %	50.00 %	18.23 %	18.23 %
Entregas completas	24.92 %	50.00 %	12.46 %	30.68 %
Ventas extraordinarias	24.51 %	50.00 %	12.25 %	42.94 %
Rotación del inventario	23.64 %	50.00 %	11.82 %	54.76 %
Duración del inventario	18.45 %	50.00 %	9.22 %	63.98 %
Volumen de compra	12.76 %	50.00 %	6.38 %	70.36 %
Entregas en perfectas condiciones	10.83 %	50.00 %	5.42 %	75.78 %
Exactitud del sistema de localización del inventario	10.39 %	50.00 %	5.19 %	80.97 %

De los 8 *KPIs*, cuatro pertenecen al grupo de inventario y cuatro al de pedido (ver figura 4.8). Esto nos permite concluir que el problema que se aborda puede llegar a solucionarse mediante una correcta gestión tanto de pedidos como del inventario.



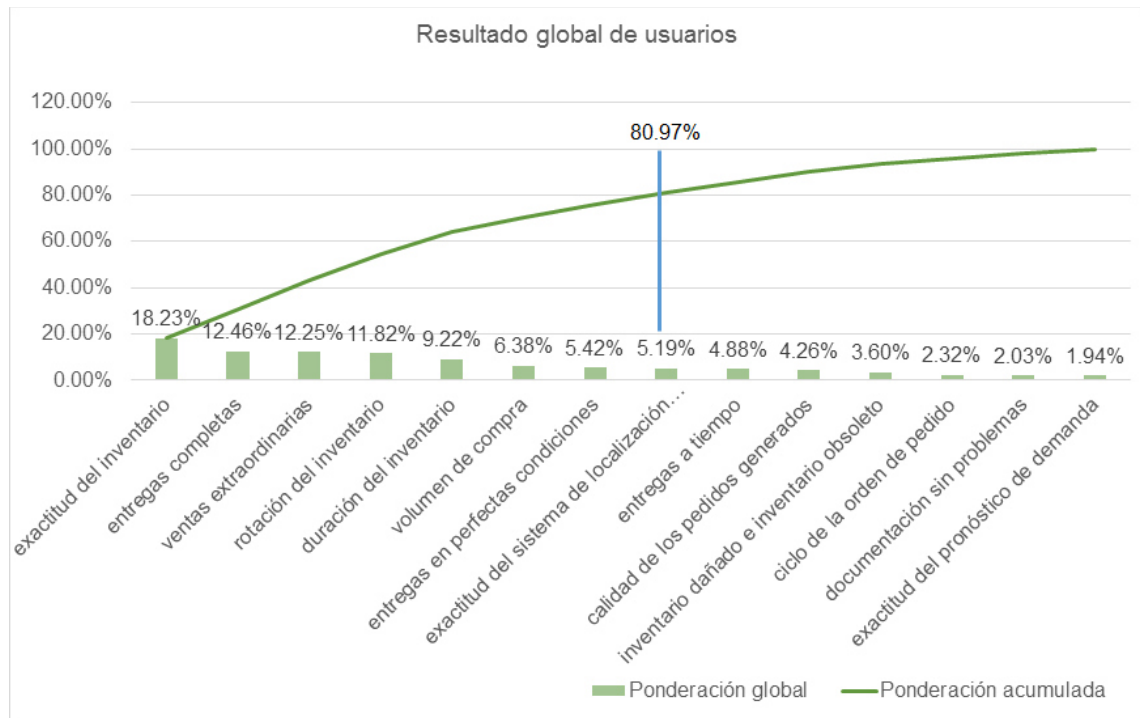


Figura 4.8: Resultado global de usuarios.

### 4.3 CONCLUSIÓN

Teniendo una lista jerarquizada por orden de importancia de los indicadores de desempeño, para ayudar a disminuir el desabastecimiento en una comercializadora; se pueden determinar los *KPIs* para este estudio mediante la ley de Pareto. Sin embargo, estos *KPIs* sólo son propositivos y deben tomarse en cuenta bajo las limitantes de que sólo fueron consultados con cuatro expertos para un grupo y cuatro expertos para el otro grupo. Pese al perfil estipulado de cada grupo, los *KPIs* resultantes de todo este proceso, pueden llegar a ser diferentes en otros casos. Lo interesante es tomar en cuenta los juicios de todos, y encontrar un consenso mediante la metodología planteada.

En este caso se obtienen dos resultados de *KPIs*. El de expertos y el de usuarios. Los expertos encuentran que el 81.71 % de la importancia de los indicadores para dar solución al problema se halla en la gestión de 7 *KPIs*. Mientras que los usuarios consideran que el 80.97 % de la importancia le corresponde a 8 *KPIs*. Para ninguno

de los dos se cumple una ley 80/20 perfecta como se puede apreciar. En el caso de los expertos la relación es 81.71/50, y en el de los usuarios es 80.97/57.1. Aunque los porcentajes de este método son sólo indicativos, logra brindar una referencia para identificar lo más importante de lo menos importante, en este caso los *KPIs* del resto de los indicadores o métricas.

Ambos grupos de encuestados consideran dentro de los *KPIs* 4 indicadores, en los cuales coinciden y pueden considerarse como factores de mayor atención. Estos *KPIs* son: exactitud del inventario (ocupa el primer lugar tanto para expertos como usuarios), rotación del inventario (segundo lugar para expertos y cuarto para los usuarios), exactitud del sistema de localización del inventario (tercer lugar para expertos y octavo para usuarios), y duración del inventario (sexto lugar para expertos y quinto para los usuarios).

También se obtuvo las prioridades de indicadores para la gestión de pedidos, tanto para expertos como usuarios; y la de inventarios igualmente en ambos grupos. Siguiendo la misma lógica de Pareto, pero esta vez para los resultados locales, en vez de los globales, también se pueden obtener los más importantes por proceso, es decir, los indicadores más relevantes para gestionar en pedidos e inventarios.

En los resultados locales de los expertos se obtuvieron 4 indicadores de pedido (entregas completas, entregas extraordinarias, entregas a tiempo y volumen de compra), y 4 indicadores de inventario (exactitud del inventario, rotación del inventario, exactitud del sistema de localización del inventario y exactitud del pronóstico de demanda).

En los resultados locales de los usuarios se obtuvieron 5 indicadores de pedido (entregas completas, ventas extraordinarias, volumen de compra, entregas en perfectas condiciones y entregas a tiempo), y 3 indicadores de inventario (exactitud del inventario, rotación del inventario y duración del inventario).

En los resultados locales de expertos y usuarios, 4 indicadores concuerdan en pedido: entregas completas, entregas extraordinarias, entregas a tiempo y volumen

de compra. Y 2 indicadores concuerdan en inventario: exactitud del inventario y rotación del inventario. El hecho de que sea elegido por ambos grupos permite pensar en estos como opciones más respaldadas para implementar a la hora de medir.

## CAPÍTULO 5

# CONCLUSIONES

---

### 5.1 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El papel de los indicadores de desempeño o *KPIs* es la retroalimentación para el mejoramiento continuo y la adaptación. El monitoreo de *KPIs* revela la brecha entre el plan y la ejecución, además ayuda a identificar y corregir posibles problemas como el desabastecimiento.

Los *KPIs* se derivan de un conjunto de estándares de la industria y las mejores prácticas en medición del desempeño y las empresas pueden beneficiarse de adoptar o ajustarlos a sus ambientes específicos.

Para el éxito de la implementación de los *KPIs*, las empresas necesitan fomentar las infraestructuras organizativas, en particular las funciones y responsabilidades, de tal forma que se identifiquen claramente los papeles que desempeñan los involucrados en los procesos de medición, monitoreo y acciones de mejora continua.

Los *KPIs* son una herramienta de medición y monitoreo de procesos, por sí solos no pueden ayudar en la disminución del desabastecimiento o a mantener un nivel de disponibilidad deseado. Existen una diversidad de condiciones y factores que se deben presentar para que esto se logre con éxito. Si bien se mencionaba que

las empresas tienen dificultades para desarrollar indicadores, y dentro de las causas se encontraba que representaba una tarea ardua por el gran número que existe o se pueden crear, otras causas como una cultura organizacional desfavorable, falta de incentivos, entre otros, pueden impedir que aún cuando se han encontrado aquellos *KPIs* apropiados para la empresa, se logre una correcta implementación.

La toma de decisiones es propia de cada empresa, de ellas surgen estrategias que la conducen al éxito o al fracaso. Si bien la información es poder y ayuda a sustentar dichas decisiones, la gestión de la información es otro factor que podría frustrar la disminución del desabastecimiento.

Al no contar con un sistema de medición en la empresa de estudio, la medida ideal para cada indicador debe guiarse de acuerdo a lo recomendado por los autores. En un principio las mediciones pueden estar por debajo del parámetro ideal, esto debe motivar a la empresa a continuar con las mediciones en cada periodo de tiempo estipulado de ahí en adelante. De esta forma se hará el ejercicio de mejora continua. Con cada medida y el análisis de los históricos que se vayan generando, la empresa puede comprender mejor qué han estado haciendo y qué genera cambios positivos, o por el contrario, qué les hace falta para lograr lo que se proponen.

La medición de los indicadores propuestos puede ayudar al monitoreo de las causas de desabastecimiento identificadas. Estos factores pueden estar generando problemas adicionales no contemplados en esta investigación. Es el caso de la inexactitud en el inventario, si el indicador arroja un alto porcentaje de inexactitud, la empresa podría estar viéndose expuesta a problemas adicionales como el robo o pérdida de inventario, un almacenamiento en diferentes posiciones a las registradas, entre otras.

El inventario de seguridad no necesariamente es una alternativa ideal para tratar el problema del desabastecimiento. Esta decisión representa costos adicionales, que pueden ir en contra de los objetivos de mantener una ventaja competitiva en costos en el mercado. En tal caso de decidir incorporarlo, se debe tener en cuenta que

existen propuestas sobre cómo calcular un nivel ideal y que se debe evitar incurrir en decisiones arbitrarias al respecto.

El nivel de servicio del inventario se puede medir con el indicador de ventas extraordinarias propuesto, puede considerarse para conocer si los esfuerzos encaminados a disminuir el desabastecimiento están siendo efectivos. Este indicador es el producto de la cantidad de unidades disponibles dividido la cantidad de unidades solicitadas por los puntos de venta. Lo que permite ver las cantidades que no han sido satisfechas satisfactoriamente y planear mejor las unidades disponibles en un futuro.

Los resultados obtenidos de ambos grupos difieren en cuanto a los *KPIs* que cada uno de ellos ha determinado como los principales para abordar el problema en cuestión. Al tener una lista jerarquizada por orden de importancia de los indicadores críticos, una empresa puede tomar la decisión de implementar los 14 *KPIs* total o parcialmente. Bien puede tomar en cuenta los 7 que surgieron de los expertos si considera que son valiosos para sus operaciones, guiarse igualmente por los 8 que escogieron los usuarios, o realizar su propia determinación de *KPIs* mediante la metodología planteada y así tomar la decisión de cuáles incorporar.

Para el caso de la empresa, la cual no cuenta con un sistema de medición; este estudio y sus contribuciones pueden ser de ayuda. No obstante, para la implementación en otra empresa, se debe tener en cuenta antes de proponer indicadores, los objetivos por nivel de planeación y a cuáles corresponde la propuesta que se realice. Esto con el fin de alinear los propósitos organizacionales y los indicadores arrojen información valiosa y relevante.

## 5.2 CONTRIBUCIONES

¿Es posible considerar *KPIs* de acuerdo a la solución que brindan para un problema en específico? Sería una clasificación de indicadores en la medida en la que pueden monitorear las causas de un problema y ayudar a solucionarlo. Esto se puede

revisar mediante la metodología propuesta, y puede aplicar para diversos problemas presentes en las empresas.

Como se planteó la metodología consiste: en la identificación de las causas de los problemas o los factores críticos de éxito en la cadena de suministro, siguiendo con la búsqueda de indicadores que dentro de su objetivo ayuden a monitorearlos, posteriormente aplicar una encuesta a un grupo de tomadores de decisiones para conocer la relevancia de los indicadores candidatos, aplicar *AHP* para conocer el listado jerarquizado de indicadores por orden de importancia para lograr los objetivos de la empresa, e igualmente aplicar la ley de Pareto para determinar cuáles de los candidatos son críticos y requieren ser considerados como *KPIs*.

Una limitante de validación de esta investigación es su ejecución en la práctica. No se puede afirmar con certeza que los *KPIs* propuestos ni que la metodología usada, puedan tener una aplicación o resultados favorables para la empresa y sus grupos de interés. Es necesario realizar su implementación en diferentes periodos de tiempo, y comparar en el transcurso de las mediciones el aporte que puede brindar esta herramienta.

Se han identificado tres contribuciones en concreto que brinda este estudio: en primera instancia son los 14 indicadores de desempeño para ayudar a disminuir el desabastecimiento o que es lo mismo, mantener un nivel de disponibilidad de producto deseada en empresas comercializadoras. El segundo aporte es una metodología que puede ser adaptada y adoptada para determinación de *KPIs* en empresas en general, y el tercer aporte es un formato de encuesta usando la escala de valoración de Saaty, formato que no fue hallado en la revisión de literatura y que podría ayudar en la aplicación de encuestas de otros estudios que usen *AHP*.

### 5.3 TRABAJO FUTURO

La metodología presentada puede ser considerada para identificación de *KPIs* en sistemas de medición más integrales, como un *Balanced Scorecard* o un *Modelo SCOR*, estos pueden ser estudios que se vinculen al trabajo actual y constituyan un sistema más general, no sólo orientado a tratar el problema del desabastecimiento.

También se pueden adelantar estudios para desarrollar un cuadro de mando integral. Este sirve como una herramienta útil, categorizada como clave para lograr una alineación entre las diferentes áreas. De este modo, hasta el más alto nivel en la empresa, podrá conocer las medidas de desempeño y ver cómo a través de un plan de métricas, las funciones en la cadena de suministro están aumentando el valor del accionista, haciendo que el negocio sea más competitivo y rentable. Inclusive, como resultados de implementar un plan de métricas, también se pueden medir mejor los éxitos, y utilizarlos como soporte o respaldo frente a la toma de decisiones, y paralelo a esto, se aumenta la visibilidad de las mejores prácticas.

Otra manera de entenderlo es como un cuadro de funciones y responsabilidades que corresponden por una parte al área o proceso encargado de la medición y por otro lado, los *KPIs* que deben ser medidos. Permiten la visualización de datos, y es crucial para proporcionar rápidamente información precisa comparando el rendimiento actual con un objetivo requerido para cumplir con los objetivos del negocio.

Inclusive se puede desarrollar un sistema de software para suministro de información necesaria para medir cada *KPI*. Se pueden considerar los *KPIs* como datos de entrada y deben manejarse en tiempo real, dar aviso del momento en que debe suministrarse información, quién genera la información para un indicador, quién autoriza o aprueba el ingreso de una medición al sistema, el responsable de hacer dicho ingreso y cada cuánto debe hacerlo. También quiénes requieren dichas mediciones y toman decisiones.



Este sistema de software también debe alertar sobre el estado de cada indicador, se suelen usar colores para visualizar mejor, como el rojo cuando es una situación crítica, amarillo cuando es una situación de alerta intermedia y verde cuando el indicador se encuentra dentro del rango de medición preestablecido.

Para la toma de decisiones se pueden establecer políticas o planes de acción frente a determinados resultados de los indicadores. Esto depende de la ventaja competitiva e intereses particulares de cada negocio. De tal forma que una empresa puede desarrollar un plan de políticas que se lleven a cabo bajo ciertos escenarios posibles, que le permitan mantener un flujo en los procesos.

## APÉNDICE A

# APÉNDICE

---

### A.1 ENCUESTA DE OPINIÓN SOBRE *KPIs*

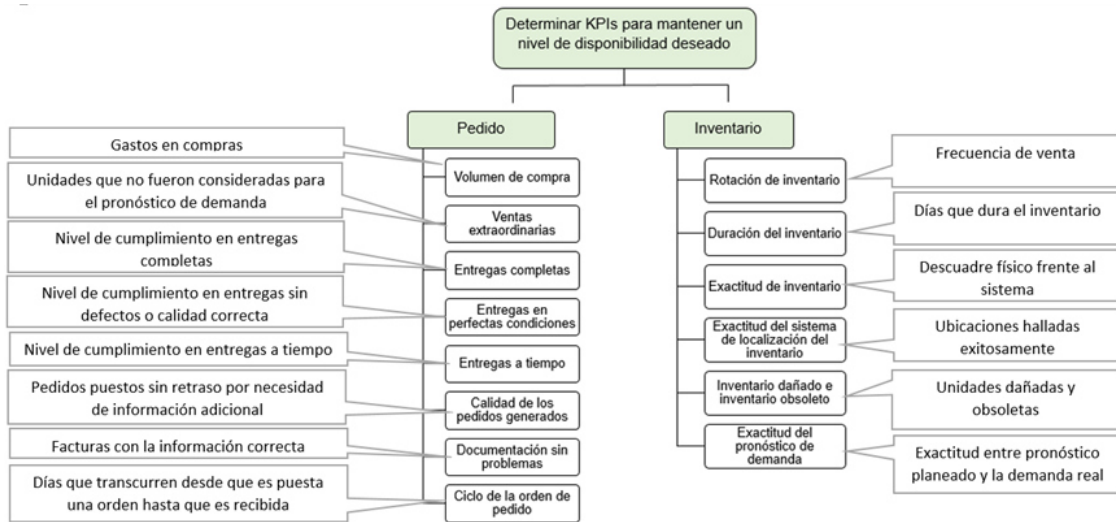
CARGO: (espacio para llenar).

FECHA: (espacio para llenar).

El sector minorista parece tener dificultades para determinar el nivel de disponibilidad adecuado de productos.

Esta encuesta busca identificar cuáles son los principales indicadores de desempeño que pueden ayudar a los ejecutivos a tomar mejores decisiones, para mejorar el nivel de disponibilidad de productos en el sector minorista.

Se identifican 14 indicadores de desempeño para monitorear el nivel de disponibilidad, se clasifican en dos grupos, los relacionados con el pedido y los relacionados con el inventario.



Ahora por favor, de acuerdo a su experiencia, indique la importancia relativa o relevancia que tiene cada uno de los indicadores frente a otro, o en otras palabras, qué indicador ayuda en mayor medida a mantener el nivel de disponibilidad deseado al compararlo con otro. Para ello, deberá responder las preguntas marcando con una X la opción que mejor responda a su opinión y asignarle una valoración.

Al terminar de llenar la encuesta, guarde los cambios y envíela al correo: [mailin.echeverri@gmail.com](mailto:mailin.echeverri@gmail.com)

¡Muchas gracias por su colaboración!

PREGUNTAS

Para todos los enunciados responder a la pregunta: ¿Cuál cree usted que tiene mayor relevancia para mantener un nivel de disponibilidad deseado?

Elija uno entre los dos KPIS comparados por fila		Valoración
Pedido <input type="checkbox"/>	Inventario <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Volumen de compra <input type="checkbox"/>	Ventas extraordinarias <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Volumen de compra <input type="checkbox"/>	Entregas completas <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Volumen de compra <input type="checkbox"/>	Entregas en perfectas condiciones <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Volumen de compra <input type="checkbox"/>	Entregas a tiempo <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Volumen de compra <input type="checkbox"/>	Calidad de los pedidos generados <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Volumen de compra <input type="checkbox"/>	Documentación sin problemas <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Volumen de compra <input type="checkbox"/>	Ciclo de la orden de pedido <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Ventas extraordinarias <input type="checkbox"/>	Entregas completas <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Ventas extraordinarias <input type="checkbox"/>	Entregas en perfectas condiciones <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Ventas extraordinarias <input type="checkbox"/>	Entregas a tiempo <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Ventas extraordinarias <input type="checkbox"/>	Calidad de los pedidos generados <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Ventas extraordinarias <input type="checkbox"/>	Documentación sin problemas <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Ventas extraordinarias <input type="checkbox"/>	Ciclo de la orden de pedido <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas completas <input type="checkbox"/>	Entregas en perfectas condiciones <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas completas <input type="checkbox"/>	Entregas a tiempo <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas completas <input type="checkbox"/>	Calidad de los pedidos generados <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas completas <input type="checkbox"/>	Documentación sin problemas <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas completas <input type="checkbox"/>	Ciclo de la orden de pedido <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas en perfectas condiciones <input type="checkbox"/>	Entregas a tiempo <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.

Valoración	Significado
1	Igual importancia.
3	Moderadamente más importante un indicador que otro.
5	Fuertemente más importante un indicador que otro.
7	Mucho más fuerte la importancia de un indicador que la del otro.
9	Importancia extrema de un indicador frente al otro.

PREGUNTAS

Para todos los enunciados responder a la pregunta: ¿Cuál cree usted que tiene mayor relevancia para mantener un nivel de disponibilidad deseado?

Elija uno entre los dos KPIS comparados por fila		Valoración
Entregas en perfectas condiciones <input type="checkbox"/>	Calidad de los pedidos generados <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas en perfectas condiciones <input type="checkbox"/>	Documentación sin problemas <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas en perfectas condiciones <input type="checkbox"/>	Ciclo de la orden de pedido <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas a tiempo <input type="checkbox"/>	Calidad de los pedidos generados <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas a tiempo <input type="checkbox"/>	Documentación sin problemas <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Entregas a tiempo <input type="checkbox"/>	Ciclo de la orden de pedido <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Calidad de los pedidos generados <input type="checkbox"/>	Documentación sin problemas <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Calidad de los pedidos generados <input type="checkbox"/>	Ciclo de la orden de pedido <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Documentación sin problemas <input type="checkbox"/>	Ciclo de la orden de pedido <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Rotación de inventario <input type="checkbox"/>	Duración de inventario <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Rotación de inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud de inventario <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Rotación de inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud del sistema de localización del inventario <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Rotación de inventario <input type="checkbox"/>	Inventario dañado e inventario obsoleto <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Rotación de inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud del pronóstico de demanda <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.

Valoración	Significado
1	Igual importancia.
3	Moderadamente más importante un indicador que otro.
5	Fuertemente más importante un indicador que otro.
7	Mucho más fuerte la importancia de un indicador que la del otro.
9	Importancia extrema de un indicador frente al otro.

**PREGUNTAS**

Para todos los enunciados responder a la pregunta: ¿Cuál cree usted que tiene mayor relevancia para mantener un nivel de disponibilidad deseado?

Elija uno entre los dos KPIS comparados por fila		Valoración
Duración del inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud del inventario <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Duración del inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud del sistema de localización del inventario <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Duración del inventario <input type="checkbox"/>	Inventario dañado e inventario obsoleto <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Duración del inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud del pronóstico de demanda <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Exactitud de inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud del sistema de localización del inventario <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Exactitud de inventario <input type="checkbox"/>	Inventario dañado e inventario obsoleto <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Exactitud de inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud del pronóstico de demanda <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Exactitud del sistema de localización del inventario <input type="checkbox"/>	Inventario dañado e inventario obsoleto <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Exactitud del sistema de localización del inventario <input type="checkbox"/>	Exactitud del pronóstico de demanda <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.
Inventario dañado e inventario obsoleto <input type="checkbox"/>	Exactitud del pronóstico de demanda <input type="checkbox"/>	Elija un elemento.

Valoración	Significado
<b>1</b>	Igual importancia.
<b>3</b>	Moderadamente más importante un indicador que otro.
<b>5</b>	Fuertemente más importante un indicador que otro.
<b>7</b>	Mucho más fuerte la importancia de un indicador que la del otro.
<b>9</b>	Importancia extrema de un indicador frente al otro.

SUGERENCIAS Y COMENTARIOS: (espacio para llenar).

# BIBLIOGRAFÍA

---

- ADENSO-DÍAZ, B. (1996), «How many units will be short when stockout occurs?», *International Journal of Operations & Production Management*, **16**(4), págs. 112–118.
- AMOROCHO, H. J., S. A. CHADID, A. K. RICARDO, C. M. RUÍZ y M. G. ALEAN (2009), «Planeación estratégica de largo plazo: una necesidad de corto plazo», *Pensamiento y gestión, Universidad del Norte*, **25**, págs. 191–213.
- ANTÚN, J. P., A. LOZANO, J. C. HERNÁNDEZ y R. HERNÁNDEZ (2005), *Logística de distribución física a minoristas*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Ciudad de México.
- APICS (2016), «Benchmarking», Obtenido de <http://www.apics.org/sites/apics-supply-chain-council/benchmarking/scor-metrics>.
- ARANGO, M., W. ADARME y J. ZAPATA (2010), «Gestión cadena de abastecimiento-logística con indicadores bajo incertidumbre, caso aplicado sector panificador Palmira», *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, **20**(1), págs. 97–115.
- BALFAQIH, H., Z. MOHD, N. SAIBANI y A.-N. M. (2016), «Review of supply chain performance measurement systems: 1998–2015», *Computers in Industry*, **82**, págs. 135–150.
- BALLOU, R. H. (2004), *Logística: administración de la cadena de suministro*, Pearson educación de México, México, D.F.

- BARNES, J. (2015), «Supply Chain Management Review», Obtenido de [http://www.scmr.com/article/metrics\\_drive\\_change](http://www.scmr.com/article/metrics_drive_change).
- BERUMEN, S. y F. LLAMAZARES (2007), «La utilidad de lo métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente», *Cuad. Adm.*, **20**(34), págs. 65–87.
- BOTERO, M. M. y P. PEÑA (2006), «Calidad en el servicio: el cliente incógnito», *Suma Psicológica*, **13**(2), págs. 217–228.
- BOWMAN, R. J. (2005), «Thinking strategically about outsourcing: 3PLs can do much more than cut costs», *Global Logistics and Supply Chain Strategies*, **9**, págs. 46–50.
- CHAE, B. (2009), «Developing key performance indicators for supply chain: an industry perspective», *Supply chain management*, **14**, págs. 422–428.
- CHAN, F. y H. QI (2003), «Feasibility of performance measurement system for supply chain: a process-based approach and measures», *Integrated Manufacturing Systems*, **14**(3), págs. 179–190.
- CHOPRA, S. y P. MEINDL (2008), *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*, Pearson Educación, México.
- COS, J. P. y R. D. NAVASQUÉS (2001), *Manual de logística integral*, Diaz de Santos, España, Madrid.
- DANIELS, J. D., L. H. RADEBAUGH y D. P. SULLIVAN (2013), *Negocios Internacionales*, Pearson en español, México.
- EHRENTHAL, J. C. y W. STÖLZLE (2013), «An examination of the causes for retail stockouts», *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, **43**(1), págs. 54–69.

FRONTONI, E., F. MARINELLI, R. ROSETTI y P. ZINGARETTI (2017), «Shelf space re-allocation for out of stock reduction», *Computers and Industrial Engineering*, **106**, págs. 32–40.

GHOLAMI, A., A. MIRZAZADEH y R. TAVAKKOLI (2015), «Lead time and ordering cost reductions in budget and storage space restricted probabilistic inventory models with imperfect items», *R AIRO - Oper. Res*, **49**, págs. 215–242.

GUNASEKARAN, A., C. PATEL y E. TIRTIROGLU (2001), «Performance measures and metrics in a supply chain environment», *International Journal of Operations & Production Management*, **21**(1), págs. 71–87.

HASS, R. y O. MEIXNER (2007), «An illustrated guide to the Analytic Hierarchy Process», Obtenido de: Institute Marketing and Innovation, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna: <http://www.boku.ac.at/mi/ahp/ahptutorial.pdf>.

HEIZER, J. y B. RENDER (2004), *Principios de administración de operaciones. Quinta edición*, Pearson Educación, México.

HEIZER, J. y B. RENDER (2009), *Principios de administración de operaciones. Séptima edición*, Pearson Educación, México.

HSUAN-HSUAN, K., K. CHIEN-CHIH y H. WAN-TING (2017), «Message-related effects on consumer switching when the preferred product is out of stock», *European Journal of Marketing*, **51**(5), págs. 1091–1109.

JACOBS, R. y R. CHASE (2010), *Operations and supply management. Segunda edición*, McGraw Hill, Estados Unidos, Nueva York.

JARAMILLO, L. A. y L. L. VÉLEZ (2012), «Análisis y variabilidad de la consistencia en un proceso jerárquico de toma de decisiones ambientales», Obtenido de: artículo de congreso CLAIO.SBPO [https://www.researchgate.net/publication/257748048\\_Analisis\\_y\\_variabilidad\\_de\\_la\\_consistencia](https://www.researchgate.net/publication/257748048_Analisis_y_variabilidad_de_la_consistencia)



- JIMÉNEZ, J. E. (2004), «Los factores críticos de éxito de la cadena de suministro», Obtenido de Instituto Mexicano de Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes: <http://ww.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt237.pdf>.
- JOHNSTON, G. (2013), *Designing KPIS to drive process improvement*, Amazon Digital Services LLC.
- JOTHIMANI, D. y S. SARMAH (2014), «Supply chain performance measurement for third party logistics», *Benchmarking*, **21**(6), págs. 944–963.
- JURBURG, D. y M. TANCO (2012), «Diagnóstico de las cadenas de suministro de empresas uruguayas», *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*, **10**, págs. 97–107.
- KANG, H. Y. y A. H. LEE (2010), «A new supplier performance evaluation model», *Kybernetes*, **39**, págs. 37–54.
- KANG, Y. y S. B. GERHWIN (2005), «Information inaccuracy in inventory systems: stock loss and stockout», *IIE Transactions*, **37**, págs. 843–859.
- KRAJEWSKI, RITZMAN y MALHOTRA (2008), *Administración de operaciones*, Pearson educación, México.
- KRAJEWSKI, L. J., L. P. RITZMAN y M. K. MALHOTRA (2013), *Operations management: processes and supply chains*, Pearson Education, USA.
- LANGTON, S. y M. J. GEIGER (2013), «Computationally automated questioning strategies for fast cost functions convergence at supply chain stockout evaluation», *Integrated Computer Aided Engineering*, **20**, págs. 235–258.
- MACCINI, L. J. y A. PAGAN (2013), «Inventories, fluctuations, and goods sector cycles», *Macroeconomic Dynamics*, **17**, págs. 89–122.

MEESARIGANDA, B. R. y A. ISHIZAKA (2017), «Mapping verbal AHP scale to numerical scale for cloud computing», *Applied Soft Computing*, **53**, págs. 111–118.

MORA, L. (2014a), «Indicadores de la gestión logística. KPI «Los indicadores claves de desempeño logístico»», Obtenido de: [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38816832/ind\\_logistica.pdf?AWSAccessKey=content-disposition=inline%3B%20filename%3DIndicadores\\_de\\_Gestion\\_Logist](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38816832/ind_logistica.pdf?AWSAccessKey=content-disposition=inline%3B%20filename%3DIndicadores_de_Gestion_Logist).

MORA, L. (2014b), *Indicadores de la gestión logística KPI: los indicadores claves del desempeño logístico*, Ecoe, Colombia, Medellín.

MORENO, J. M. (2002), «El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). fundamentos, metodología y aplicaciones», Obtenido de [http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol\\_01/02t.pdf](http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol_01/02t.pdf).

MOUSSAOUI, I., B. WILLIAMS, C. HOFER, J. A. ALOYSIUS y M. WALLER (2016), «Drivers of retail on-shelf availability: systematic review, critical assessment, and reflections on the road ahead», *Distribution and Logistics Management*, **46**(5), págs. 01–34.

MULLER, M. (2005), *Fundamentos de administración de inventarios*, Grupo Editorial Norma.

OSORIO, J. C., M. F. HERRERA y M. A. VINASCO (2008), «Modelo para la evaluación del desempeño de los proveedores utilizando AHP», *Ingeniería y Desarrollo*, **23**, págs. 43–58.

OVIEDO, J. L., V. F. BELALCÁZAR y J. J. BASTIDAS (2014), «Aproximación a la búsqueda de valores de referencia óptimos para indicadores SCOR», *Revista EIA*, **11**(22), págs. 23–37.

PERAL, J., A. MATÉ y M. MARCO (2017), «Application of Data Mining techniques to identify relevant Key Performance Indicators», *Computer Standards and Interfaces*, **50**, págs. 55–64.

- POSADA, J. G. (2011), «Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes», *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, **16**(30), págs. 83–96.
- PÉREZ, B. (2016), «Determinación de políticas de inventario aplicando metodologías basadas en lógica difusa», Tesis de Maestría en Logística y Cadena de Suministro, FIME, UANL.
- RANI, L. y S. KUMAR (2008), «Understanding consumer's attitude towards retail store in stockout situations», *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, **20**(3), págs. 259–275.
- RESA, S. (2006), «¿Qué ocurre cuando se rompe la cadena?», *Distribución y Consumo*, págs. 15–24.
- RESA, S. (2012), «Causas y efectos de la rotura en la cadena de suministro», *Distribución y Consumo*, págs. 21–27.
- RODRÍGUEZ, G. y M. LÓPEZ (2013), «Saaty's Analytic Hierarchies Method for Knowledge Organization in Decision Making», *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, **64**(7), págs. 1454–1467.
- SAATY, T. y M. OZDEMIR (2003), «Why the Magic Number Seven Plus or Minus Two», *Mathematical and Computer Modelling*, **38**, págs. 233–244.
- SAATY, T. L. (2008), «Decision making with the analytic hierarchy process», *Int. J. Services Sciences*, **1**(1), págs. 83–98.
- SARACHE, W. A., . D. CASTRILLÓN y L. F. ORTIZ (2009), «Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte», *Universidad Nacional de Colombia*, págs. 147–162.
- SHAHPOURI, S., P. FATTAHI, A. ARKAN y K. PARSÁ (2013), «Integrated vendor–buyer cooperative inventory model with controllable lead time, ordering cost reduction, and service-level constraint», *Int J Adv Manuf Technol*, **65**, págs. 657–666.

- SIERRA, E. R. (2013), «El concepto de estrategia como fundamento de la planeación estratégica», *Pensamiento y gestión*, **35**, págs. 152–181.
- SIPAHI, S. y M. TIMOR (2010), «The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications», *Management decision*, **48**, págs. 775–808.
- SMITH, B. (2013), *KPI Checklists*, Metric Press, Inglaterra, Sheffield.
- SÁNCHEZ, A. y J. SÁNCHEZ (2016), *100 indicadores clave en empresas*, Amazon Digital Services LLC, México, Toluca.
- SON, J. Y. y R. K. ORCHARD (2013), «Effectiveness of policies for mitigating supply disruptions», *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, **43**(8), págs. 684–706.
- SUÁREZ, Y. (2016), *Control de inventarios y manejo de almacenamiento*, Amazon Digital Services LLC, Venezuela.
- TAO, R. (2014), «TradeGecko Inventory Management», Obtenido de <https://www.tradegecko.com/blog/out-of-stock-problems-and-solutions-walmart-nike-bestbuy-case-studies>.
- TEJADA, G. (2014), *Manual de gestión de abastecimiento y bodega*, Amazon Digital Services LLC.
- TOSKANO, G. (2005), «El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores», *UNMSM*.
- VILA, I. R. y R. C. PASCUAL (2007), «Estado del arte de la planificación colaborativa en la cadena de suministro: Contexto determinista e incierto», *Intangible Capital*, **3**(3), págs. 91–121.
- WALLER, M., H. NACHTMANN y J. HUNTER (2006), «Measuring the impact of inaccurate inventory information on a retail outlet», *The International Journal of Logistics Management*, **17**(3), págs. 355–376.

- 
- WATTS, C. A., C. K. HAHN y B. K. SOHN (1994), «Monitoring the Performance of a Reorder Point System: A Control Chart Approach», *International Journal of Operations and Production Management*, **14**(2), págs. 51–61.
- WILLIAMS, B. D. y T. TOKAR (2008), «A review of inventory management research in major logistics journals», *The International Journal of Logistics Management*, **19**(2), págs. 212–232.
- ZULUAGA, GÓMEZ y FERNÁNDEZ (2014), «Indicadores logísticos en la cadena de suministro como apoyo al modelo scor», *Clío América*, **8**(15), págs. 90–110.

# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

---

Mailin Yuleisy Echeverri Molina

Candidata para obtener el grado de  
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

DETERMINACIÓN DE *KPIs* PARA DISMINUIR EL  
DESABASTECIMIENTO EN UNA COMERCIALIZADORA

Hija de Luis Rodrigo Echeverri Restrepo y Martha Odilia Molina Villegas, nacida en Medellín, Colombia el 10 de septiembre de 1992. Obtuve el título de Profesional en Negocios Internacionales de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Medellín, Colombia; egresando de la misma en marzo de 2015.