



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA DE SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE AUTOPARTES EN MÉXICO: UNA  
PROPUESTA DE MEJORA BASADA EN SIMULACIÓN.**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:**  
**LIC. LEONARDO CANO TINO**

**TUTORA PRINCIPAL**  
**DRA. AIDA HUERTA BARRIENTOS, FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., SEPTIEMBRE DE 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Mariano Antonio García Martínez

Secretario: Dr. Manuel del Moral Dávila

Vocal: Dra. Aida Huerta Barrientos

1<sup>er.</sup> Suplente: M. en C. Andrés Milla López

2<sup>do.</sup> Suplente: Dra. Yadira Zavala Osorio

Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

**TUTOR DE TESIS:**

Aida Huerta Barrientos

---

**FIRMA**

## Agradecimientos

A **Daniela**, gracias por estar conmigo y brindarme tu apoyo incondicional, comprenderme en esos momentos difíciles y principalmente por ser la compañera de mi vida.

A **mi madre**, gracias por sacrificarte por nosotros, ser una madre ejemplar y apoyarme en todos mis proyectos. Este grado es tuyo, te quiero madre.

A **mis hermanos**, por tener siempre su apoyo incondicional para el logro de mis objetivos.

A **Farid**, por haberme apoyado para ingresar al posgrado y su amistad, gracias amigo.

A la **Dra. Aida**, gracias por haberme aceptado como tu tutelado en esta hermosa aventura y por el tiempo que sacrificaste en este proyecto. Gracias por todo tu apoyo.

A los **miembros del jurado**, gracias por su tiempo y comentarios; y sobre todo por compartir sus conocimientos.

## Resumen

La industria automotriz ha tenido un importante auge en los últimos años en México llegando a ser el segundo sector económico más importante en nuestro país. En este sentido, gran relevancia e importancia juega la gestión de la cadena de suministro ya que representa la columna vertebral de las organizaciones, por lo que su implementación y gestión sigue siendo objeto de estudio. En el presente trabajo de investigación se estudia la importancia que tiene la gestión de la cadena de suministro dentro de las empresas de la industria automotriz, específicamente en una empresa de autopartes; y se propone un modelo de simulación basado en la metodología de Dinámica de Sistemas de Sterman (2000), con el propósito de mejorar la gestión de la cadena de suministro de la compañía para alcanzar los indicadores operativos y financieros requeridos por la misma. El modelo creado brinda la posibilidad de identificar la estrecha relación que tiene la parte operativa en el desempeño financiero, permitiéndonos crear diferentes escenarios en pro de analizar los resultados y tomar las mejores decisiones para alcanzar los objetivos establecidos. Como resultado final se obtuvo un ROI del 23.50% y un EBITDA del 20.24%.

Palabras claves: Gestión de la cadena de suministro, industria automotriz, Dinámica de Sistemas, indicadores operativos y financieros.

## Abstract

Supply chain is very important in the organizations and has an enormous relevance in the automotive industry. Many researches are addressed to improve the supply chain with the purpose to obtain better operative indicators, and they have not studied the strong relation with finance performance; this research studies the great relation among them. We compare philosophy of some authors and propose a simulation model based on Sterman's System Dynamics (2000) to see behavior in the company. The results show the concrete benefits that can be achieved on making decisions. For that reason, several research directions are suggested.

Keywords: Supply chain management, automotive industry, System Dynamics.

# Índice general

	Página
<b>Índice de Ilustraciones</b> .....	<b>1</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>3</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Problemática en la gestión de la cadena de suministro de autopartes.</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1 Contexto</b> .....	<b>12</b>
1.1.1 Misión .....	15
1.1.2 Visión.....	15
1.1.3 Valores .....	15
1.1.4 Organigrama.....	16
<b>1.2 Problema a resolver</b> .....	<b>19</b>
<b>1.3 Objetivo General</b> .....	<b>19</b>
<b>1.4 Objetivos específicos</b> .....	<b>19</b>
<b>2. Revisión de la Literatura y Marco teórico.</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 Modelos de gestión de la cadena de suministro</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2 Metodologías de simulación utilizadas para modelar la gestión de la cadena de suministro</b> .....	<b>32</b>
<b>2.3 Indicadores de desempeño</b> .....	<b>43</b>
2.3.1 EBITDA.....	43
2.3.2 Tasa de Retorno de Inversión (ROI) .....	44
2.3.3 Nivel de servicio.....	45
<b>3. Desarrollo e implementación de un modelo de simulación para mejorar la cadena de suministro.</b> .....	<b>46</b>
<b>3.1 Metodología de Dinámica de Sistemas</b> .....	<b>47</b>
3.1.1 Articulación del problema.....	50
3.1.2 Formulación de hipótesis dinámica .....	50
3.1.3 Formulación del Modelo de Simulación.....	56
3.1.4 Pruebas .....	60
3.1.5 Diseño de Políticas y Evaluación .....	76
<b>Conclusiones</b> .....	<b>78</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>80</b>
<b>Anexo 1.-</b> .....	<b>83</b>

# Índice de Ilustraciones

	Página
<i>Ilustración 1. Cadena de suministro Sector Autopartes.</i>	10
<i>Ilustración 2. Cadena de suministro de la empresa.</i>	11
<i>Ilustración 3. Localización de LA EMPRESA.</i>	12
<i>Ilustración 4. Presencia mundial de LA EMPRESA.</i>	13
<i>Ilustración 5. Cobertura de Producto vs Parque Vehicular Nacional.</i>	14
<i>Ilustración 6. Cobertura Nacional 2016.</i>	14
<i>Ilustración 7 Organigrama de LA EMPRESA.</i>	16
<i>Ilustración 8 Departamentos de LA EMPRESA.</i>	17
<i>Ilustración 9 Modelo de Cadena de Suministro del Supply Chain Council.</i>	21
<i>Ilustración 10 Modelo de Cadena de Suministro APICS.</i>	22
<i>Ilustración 11 Modelo de Cadena de Suministro Sector Automotriz.</i>	22
<i>Ilustración 12 Modelo de la Gestión de Cadena de Suministro.</i>	24
<i>Ilustración 13 Modelo de Cadena de Suministro de Martin Christopher.</i>	25
<i>Ilustración 14 Rediseño de la Cadena de Suministro.</i>	26
<i>Ilustración 15 Cadena de suministro: Producción y Logística.</i>	26
<i>Ilustración 16 Matriz de Correlación de Pearson.</i>	28
<i>Ilustración 17 Modelo de Diseño de Colaboración en la Cadena de Suministro.</i>	30
<i>Ilustración 18 Metodología para Desarrollar un Modelo de Madurez de Manejo de Demanda de Cadena de Suministro.</i>	31
<i>Ilustración 19 Estructura del flujo de simulación.</i>	33
<i>Ilustración 20 Proceso de Desarrollo de la Cadena de Suministro.</i>	34
<i>Ilustración 21 Modelo propuesto.</i>	35
<i>Ilustración 22 Modelo de Cadena de Suministro.</i>	36
<i>Ilustración 23 Diagrama de lazo causal de pequeñas y medianas empresas del vestido en Indonesia.</i>	38
<i>Ilustración 24 Diagrama de lazo causal de Cumplimiento de órdenes.</i>	39
<i>Ilustración 25 Diagrama de lazo causal para el modelo de cadena de suministro de Dinámica de Sistemas.</i>	40
<i>Ilustración 26 Diagrama lazo causal de las órdenes.</i>	41
<i>Ilustración 27 Proceso de Modelación en Dinámica de Sistemas.</i>	48
<i>Ilustración 28 Diagrama de lazo causal.</i>	53
<i>Ilustración 29 Modelo Dupont.</i>	55
<i>Ilustración 30 Modelo de Simulación.</i>	57
<i>Ilustración 31 Modelo de simulación utilizando valor mínimo de la variable otros gastos.</i>	61
<i>Ilustración 32 Modelo de simulación utilizando valor máximo de la variable otros gastos.</i>	62
<i>Ilustración 33 ROI vs Otros gastos.</i>	63
<i>Ilustración 34 EBITDA vs Otros gastos.</i>	63
<i>Ilustración 35 Nivel de Servicio vs Otros gastos.</i>	64
<i>Ilustración 36 Diagrama de Pareto de los efectos para ROI.</i>	68
<i>Ilustración 37 Gráfica de efectos principales para ROI.</i>	69
<i>Ilustración 38 Gráfica de interacción para ROI.</i>	71
<i>Ilustración 39 Gráfica de cubos (medias ajustadas) de ROI.</i>	72

<i>Ilustración 40 Diagrama de Pareto de los efectos para EBITDA. ....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 41 Gráfica de efectos principales para EBITDA. ....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 42 Gráfica de interacción para EBITDA. ....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 43 Gráfica de cubos (medias ajustadas) de EBITDA. ....</i>	<i>76</i>



## Índice de Tablas

	Página
<i>Tabla 1 Valores del Estado de Resultados del ejercicio 2016.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 2 Máximos y mínimos de las variables a experimentar. ....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 3 Diseño de experimentos.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 4 Diseño de experimentos con valores reales. ....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 5 Resultados de las corridas de simulación. ....</i>	<i>67</i>

## Introducción

Las organizaciones padecen diferentes problemas en las áreas que las conforman, muchos de estos son vistos desde una perspectiva individual siendo que una organización es un sistema creado para alcanzar un determinado objetivo. Por tal motivo, integrar a todas las partes para que tengan el mismo fin es parte fundamental en las organizaciones. En nuestros días los sistemas de gestión de la cadena de suministro no sólo deben ser capaces únicamente de proveer información en tiempo real sino también deben de integrar la información a través de la cadena de suministro apoyando a la toma de decisiones. Hoy en día, en gran parte de las organizaciones las áreas operativas buscan alcanzar sus objetivos sin conocer el impacto que tienen dentro del desempeño financiero de la compañía. De igual forma, investigaciones relacionadas a gestión de cadena de suministro se han enfocado principalmente en el área operativa dejando de lado el financiero. Por lo tanto, se considera que se debe seguir estudiando en otras ramas de la industria para conocer el impacto en otras organizaciones.

El presente trabajo de investigación se desarrolla con base en los datos proporcionados por una empresa automotriz, específicamente una de autopartes. Sin embargo, por cuestiones de confidencialidad se omitirá su nombre y en lo sucesivo únicamente la denominaremos como LA EMPRESA. El problema a resolver es que LA EMPRESA requiere mejorar la gestión de la cadena de suministro en términos de EBITDA en 6.6%, garantizando un ROI de 4% y llevar el servicio al cliente a un nivel superior al 95%. Para lo cual se plantea desarrollar e implementar un modelo de simulación basado en la metodología de Dinámica de Sistemas de Sterman que sirva de apoyo en la toma de decisiones para mejorar la gestión de la cadena de suministro y de esta forma lograr los indicadores de desempeño operativos y financieros establecidos por la organización. La dinámica de sistemas ha mostrado tener una gran aplicación en ayudar a las personas a entender el funcionamiento de sistemas muy complejos y que dificultan la toma de decisiones. Por tal motivo, abordar dicha investigación desde esta metodología nos permitirá identificar las variables más importantes sobre las cuales debe prestar atención la organización.

El presente trabajo de investigación está conformado de 3 capítulos que se describen a continuación:

En el Capítulo 1, se establece la problemática de la gestión de la cadena de suministro de autopartes, los problemas que aquejan a LA EMPRESA, en qué contexto se desenvuelve, y se definen los objetivos a cumplir en este trabajo de investigación.

En el Capítulo 2, se describe la gestión de la cadena de suministro desde la perspectiva de los principales autores, se indican similitudes y diferencias entre ellas. De igual forma, se presentan los problemas más importantes relacionados a la gestión de la cadena de suministro en la industria automotriz y sobretodo en la de autopartes. Se revisan las mejores prácticas internacionales en la gestión de la cadena de suministro para cumplir los indicadores de desempeño requeridos por la EMPRESA. De la misma forma, se revisan diferentes trabajos de investigación que han abordado el estudio de la gestión de la cadena de suministro desde una perspectiva de Dinámica de Sistemas. Al final, se realiza un comparativo de los indicadores de desempeño estudiados por parte de los autores revisados.

En el Capítulo 3, se desarrolla e implementa la metodología de Sterman (2000) a través de un modelo de simulación de Dinámica de Sistemas en el software Anylogic permitiéndonos analizar las variables que afectan la gestión de la cadena de suministro de LA EMPRESA, y a su vez el logro de los indicadores de desempeño establecidos por la organización. De igual forma, se diseñan los escenarios de simulación, se analizan los resultados y se emiten las recomendaciones que permitirán fundamentar la toma de decisiones de la Dirección de Operaciones de LA EMPRESA.

Al final, se presentan las conclusiones obtenidas del presente trabajo de investigación y un posible campo de trabajo futuro.

# Capítulo I

## 1. Problemática en la gestión de la cadena de suministro de autopartes.

En el presente capítulo se establece la problemática de la gestión de la cadena de suministro en LA EMPRESA, los problemas que la aquejan, el contexto en el que se desenvuelve, y se definen los objetivos a cumplir en este trabajo de investigación.

El concepto de gestión de la cadena de suministro se ha extendido durante las últimas décadas hacia diferentes ámbitos y sectores de actividad económica debido a la importancia estratégica que representa la administración efectiva del abasto y la demanda hacia dentro de la empresa y con otros integrantes de la cadena, ya sean proveedores, clientes, intermediarios o empresas externas proveedoras de servicios. De acuerdo con el Supply Chain Council la gestión de la cadena de suministro (SCM) se refiere a todos aquellos esfuerzos involucrados en la producción y entrega de productos o servicios finales desde el proveedor del proveedor hasta el cliente del cliente. La gestión de la cadena de suministro implica alinear el abasto con la demanda, el suministro de materias primas y partes, la planeación y ejecución de actividades de manufactura y ensamble, el almacenaje y rastreo de inventarios, la recepción y administración de órdenes, así como la distribución de productos a través de todos los canales hasta su entrega al consumidor final.

Por su parte, el Council of Supply Chain Management Professionals (CSMP) define que la cadena de suministro cubre la planeación y la gestión de todas las actividades involucradas en el abastecimiento y procuración, transformación y todas las demás actividades de la gestión. Es importante mencionar que también incluye la coordinación y colaboración con los diversos socios del canal, los cuales pueden ser proveedores, intermediarios, proveedores de servicios logísticos (3PL) y clientes. En esencia, la gestión de la cadena de suministro integra la gestión de la oferta y la demanda dentro y fuera de las empresas. La gestión de la cadena de suministro es una función de integración con la responsabilidad principal de vincular las principales funciones y procesos del negocio

dentro y fuera de las empresas dentro de un modelo de negocio coherente y de alto desempeño. Esto incluye todas las actividades de la gestión logística señaladas anteriormente, así como las operaciones de fabricación, y el manejo coordinado de procesos y actividades con y a través de mercadotecnia, ventas, diseño de producto, finanzas y tecnologías de la información (CSMP).

Por otra parte, de acuerdo a Aitken, J. "Supply Chain Integration within the context of a supplier Association" la cadena de suministro es la red de organizaciones conectadas e interdependientes trabajando juntas en forma cooperativa para controlar, manejar y mejorar el flujo de materiales e información desde los proveedores hasta los usuarios finales. Por su parte, Mentzer et al. la definen como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones y las tácticas tradicionales del negocio, dentro de una compañía en particular y de las empresas que participan en la cadena de suministro, con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de la empresa y de la cadena de suministro como un todo. En cambio, Martin Christopher define a la gestión de la cadena de suministro como el manejo de las relaciones hacia arriba y hacia abajo con proveedores y clientes para entregar un valor superior al consumidor al menor costo de toda la cadena de suministro.

Una exitosa cadena de suministro entrega al cliente final el producto apropiado, en el lugar correcto y en el tiempo exacto, al precio requerido y con el menor costo posible. Asimismo la cadena de suministro no solo agrupa los procesos de negocios de múltiples compañías sino que también las diferentes divisiones y departamentos de la empresa. La gestión de la cadena de suministro engloba aquellas actividades asociadas con el movimiento de bienes desde el suministro de materias prima hasta el consumidor final; esto incluye la selección de compra, programación de producción, procesamiento de órdenes, control de inventarios, transportación, almacenamiento y servicio al cliente; pero lo más importante es que también incluye los sistemas de información requeridos para monitorear todas estas actividades. La falta de información ha llevado a un aumento los costos de manejo de inventario, órdenes más grandes por tiempos de entrega y dificultad de responder de manera proactiva a los cambios en tiempo real disminuyendo las utilidades y debilitando relaciones con los diferentes stakeholders, estos problemas pueden ser resueltos mediante una correcta integración de la cadena de suministro. Por tal motivo, se debe ampliar el entendimiento de las otras áreas de la organización, se tiene que mejorar el conocimiento de las funciones de compras, planeación de productos,

marketing, ventas y promoción de ventas, y también se debe desarrollar un conocimiento más íntimo de los clientes. Aunado a lo anterior, aunque hay empresas que cuentan con un buen flujo de información no poseen equipos o sistemas adecuados para hacer un uso eficaz de la misma provocando problemas en la cadena de suministro. Estos sistemas son factores clave en la integración del flujo físico de mercancías a lo largo de la cadena de suministro, la integración de los mismos conduce a la visibilidad del inventario global, que a su vez, conduce a la reducción de costos y a mejorar el servicio al cliente permitiendo tener beneficios de costo total.

Para ello es necesario establecer ciertos indicadores que permitan medir el desempeño de la misma e incluso de las organizaciones para obtener mejores resultados. Las investigaciones realizadas por diversos autores han demostrado que las prioridades competitivas y los indicadores de desempeño (KPI's) influyen mutuamente para conducir a la competitividad general (Bagchi,1996; Hult et al., 2006). Históricamente para los negocios basados en la manufactura incluyendo los automotores, el costo ha sido la única medida de identificación de desempeño del negocio, el cual comprende el costos de administración, costos laborales, de materia prima, de investigación y desarrollo, de fabricación, costos de logística, de distribución y costo de inventario (Balakrishnan et al, 2007; Arca et al, 2008; Narayana y Vasthist, 2008; Mazumdar, 2010). Sin embargo, en nuestro caso los KPI's van a estar relacionados a indicadores financieros y de servicio al cliente para poder medir el rendimiento de la empresa.

Por otra parte, aunque las áreas de la organización estén completamente involucradas en la cadena de suministro se pueden presentar problemas asociadas a causas o síntomas de una pobre visibilidad en la cadena de suministro, entendiéndose que la visibilidad está relacionada con la habilidad de las organizaciones de compartir información valiosa para la toma de decisiones que permitan mejorar su desempeño. En el caso del sector automotriz (conformado por industria terminal y de autopartes) los esquemas de articulación de la cadena de suministro exigen que todos los eslabones de la cadena operen sobre la base de un sistema homogéneo de producción, sujetándose a especificaciones uniformes y utilizando partes, piezas e insumos intermedios adquiridos en cualquier lugar del mundo, por lo que la visibilidad juega un papel sumamente importante dentro de esta industria. A nivel global, la industria automotriz es un propulsor para el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado; en México no es la excepción, la industria automotriz es considerada como un sector estratégico según ProMéxico. La

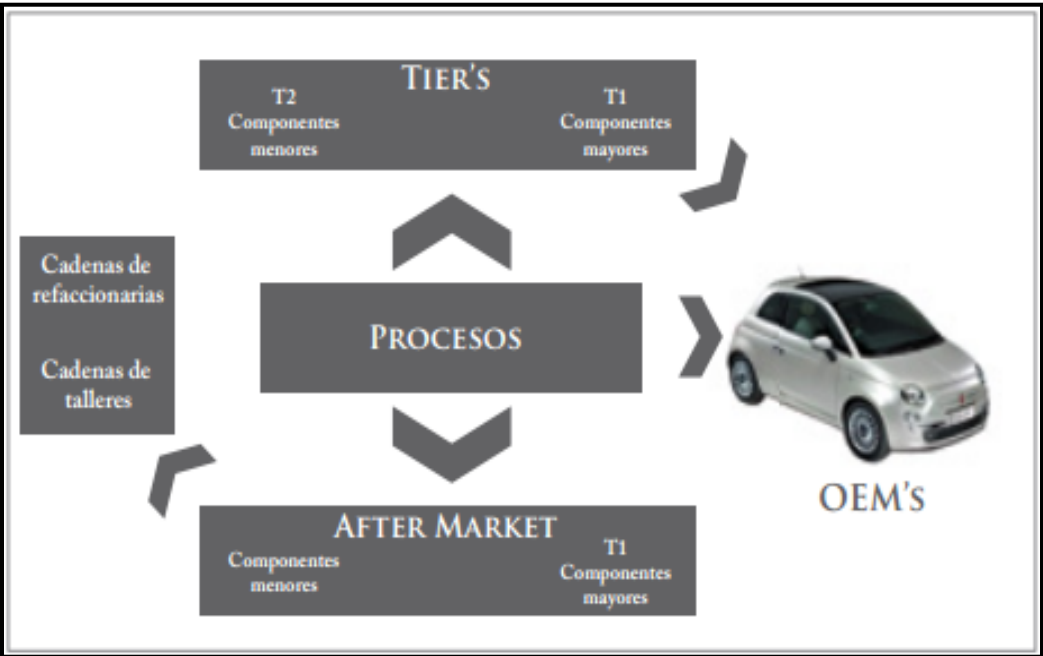
importancia del sector automotriz en México es incuestionable, ha desempeñado una función relevante y decisiva en el proceso de industrialización, actuando como un factor con efecto multiplicador al impulsar a otros sectores también importantes, tales como: la industria del vidrio, acero, hierro, hule, plástico, aluminio, textil, entre otros. La cadena de suministro del sector automotriz no es fácil de especificar, el tamaño de la industria es bastante grande y diversificado, sobre todo, las relaciones entre clientes y proveedores son profundamente complejas, lo cual complica su análisis. Sin embargo, el gran reto que enfrenta esta industria radica en poder mantener una cadena de suministro lo suficiente flexible y coordinada entre sus participantes de tal forma que se pueda satisfacer las demandas cambiantes de los mercados, tiempos de entrega y ciclos de vida más cortos.

En años recientes, los riesgos de las empresas que conforman la cadena de suministro de la industria automotriz se han incrementado dramáticamente, derivado principalmente de sus operaciones que trascienden fronteras, así como por la búsqueda de reducción de costos. En la industria automotriz las fallas de los proveedores son críticas, resultando en paros de la línea de producción con las consecuentes pérdidas financieras. Las principales armadoras han observado que sus proveedores Tier 1, a los que les han delegado la responsabilidad de la cadena de suministro, no tienen la capacidad para controlar a los subproveedores, por lo que las armadoras han tenido que involucrarse directamente para dar apoyo como asistencia técnica, soporte en el proceso y, en casos extremos, soporte financiero para mantener el nivel de inventario requerido o inversiones en equipo y tecnología (PWC, 2016). El ambiente tan competitivo en el que opera la industria automotriz está caracterizado por la globalización, consolidación y exceso de capacidad en todos los segmentos de la cadena de suministro, desde el diseño y desarrollo hasta la manufactura y venta.

En el caso del sector de autopartes no es la excepción, al formar parte de este eslabón en la cadena de suministro automotriz implica llevar una correcta gestión en la misma para responder adecuadamente a los constantes cambios que se presentan. La industria de autopartes representa 3.6 % del total de la producción del sector manufacturero a nivel mundial (ProMéxico con datos de Global Insight, 2013). La industria es muy diversa, engloba los bienes de consumo final que se utilizan para suministrar a la industria terminal de automóviles (armadoras), así como también se encarga de abastecer el mercado de reemplazo o refacciones para automóviles usados. La cadena de suministro del sector de autopartes tiene su base principal en las empresas encargadas de realizar procesos tales

como forja, maquinado, soldadura, entre otros, ya que estos proveen de material a los diferentes niveles de producción de la industria, para realizar componentes mayores y menores para que estos a su vez suministren a las armadoras o OEM's (Original Equipment Manufacturers). Asimismo, las empresas encargadas de los diferentes procesos también suministran a las distribuidoras del segmento de repuesto o aftermarket, tales como cadenas refaccionarias o cadenas de talleres como se muestra en la Ilustración 1. En nuestro caso estamos hablando de una empresa de aftermarket.

Ilustración 1. Cadena de suministro Sector Autopartes.



Fuente: ProMéxico (2016).

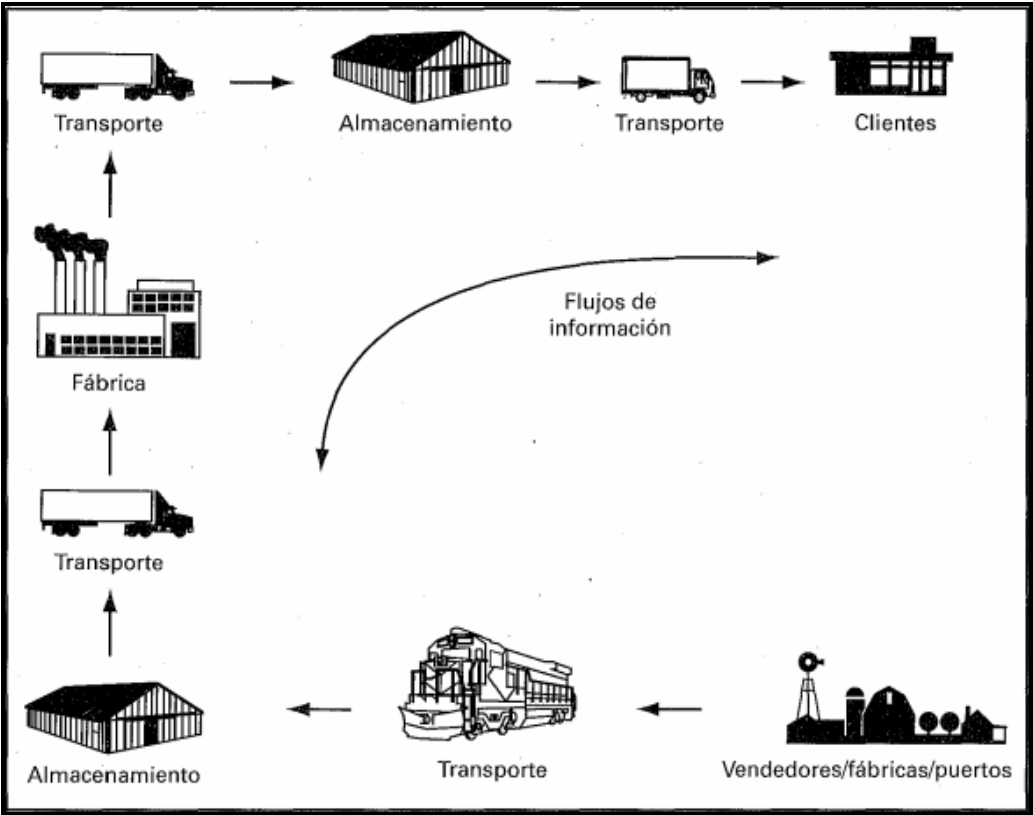
Tradicionalmente la cadena de suministro ha sido fragmentada resultando en un lento flujo de material secuencial y en un movimiento similar de retorno de información. En la misma existen múltiples problemas que obstaculizan que el cliente obtenga su pedido conforme a sus especificaciones, en el tiempo requerido, en las cantidades requeridas, en el lugar requerido, etc.; estos problemas surgen porque a lo largo de los procesos de la cadena de suministro no se coordinan los diferentes actores ocasionando exceso de inventario, falta de disponibilidad del producto, falta o pérdida de información entre los involucrados, entre otros. En el caso de LA EMPRESA no es la excepción, al formar parte



de un grupo importante en México que cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores se le exige cumpla con objetivos anuales para seguir formando parte del mismo y sean redituables las inversiones realizadas; esta presión que tiene por parte del grupo junto con los problemas en su cadena de suministro genera que el sistema sea complejo.

LA EMPRESA objeto de estudio de este trabajo de tesis, es una compañía proveedora de productos de repuestos de balatas con venta a clientes nacionales y extranjeros, sus insumos son traídos desde diferentes partes del mundo y del territorio nacional generando una cadena de suministro compleja por la distancia y tiempo que existe entre proveedor-fabricante-cliente y por los diferentes actores que participan en la misma (ver Ilustración 2), lo cual en repetidas ocasiones ha provocado no poder reaccionar inmediatamente y adecuadamente ante cualquier variación de la demanda y en consecuencia no ofrecer el producto en el momento que lo solicita el cliente.

Ilustración 2. Cadena de suministro de la empresa.



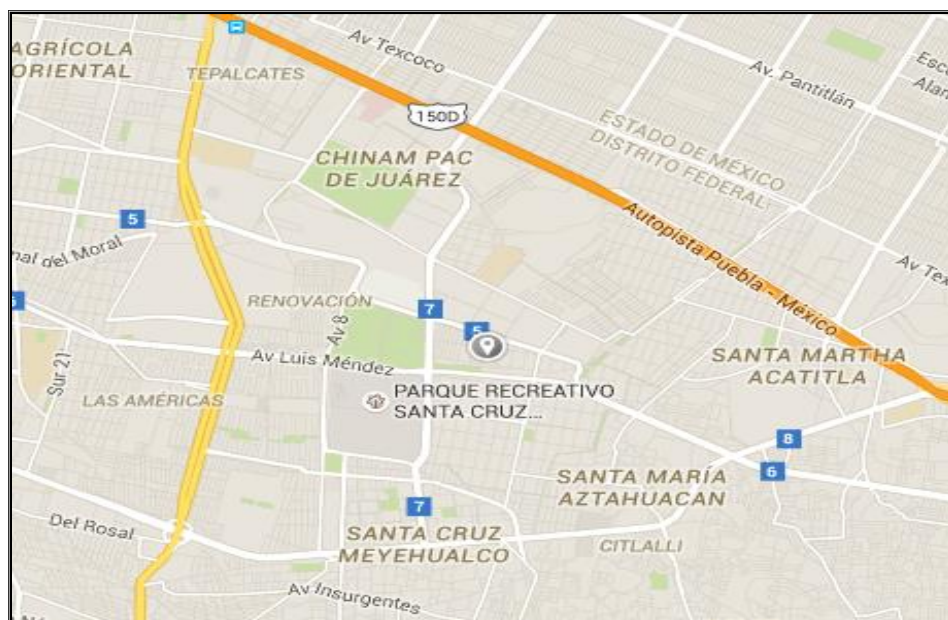
Fuente: Ballou (2004).

## 1.1 Contexto

LA EMPRESA se encuentra dentro del sector de autopartes, es una empresa 100% Mexicana fundada en 1977 con el objetivo principal de diseñar, crear y fabricar materiales de fricción para la industria automotriz y aplicaciones industriales, basándose principalmente en solucionar problemas y satisfacer las necesidades y exigencias que se han generado en el mundo automotriz e industrial del mercado de frenos.

LA EMPRESA tiene una gran experiencia en el diseño y manufactura de frenos, cuenta con una completa gama de productos que han mejorado las condiciones de frenado de vehículos y maquinaria en todo el mundo. Su infraestructura abarca desde la elaboración de moldes y troqueles con tecnología de punta, hasta el diseño y fabricación de sus empaques y sus fórmulas de fricción. Sus instalaciones abarcan una superficie mayor a los 32,000 m<sup>2</sup> mismas que se dividen en diferentes plantas ubicadas sobre una misma colonia (ver Ilustración 3). Cuenta con un recurso humano de 1000 empleados aproximadamente constituyéndose en una importante fuente de trabajo.

*Ilustración 3. Localización de LA EMPRESA.*



Fuente: Googlemaps (2016).

Debido a los altos estándares con que se desempeña LA EMPRESA y a sus diferentes certificaciones internacionales le permiten estar presente en más de 20 países (ver Ilustración 4).

*Ilustración 4. Presencia mundial de LA EMPRESA.*

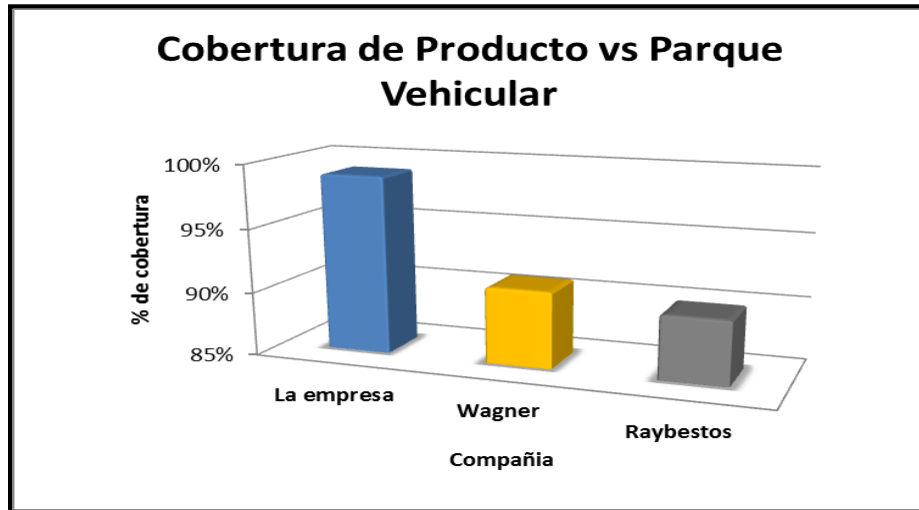


Fuente: Página web de LA EMPRESA (2016).

En lo que se refiere a nivel nacional LA EMPRESA se desempeña en un sector muy competitivo y dinámico. Sin embargo, los altos estándares con los que se rige le permiten estar como líderes del mercado nacional a través de sus tres principales marcas. En un estudio realizado en abril de 2016 identifica como sus principales competidores a las marcas Wagner y Raybestos (Ver Ilustración 5):

- Federal Mogul con su marca Wagner.
- BPI con su marca Raybestos.

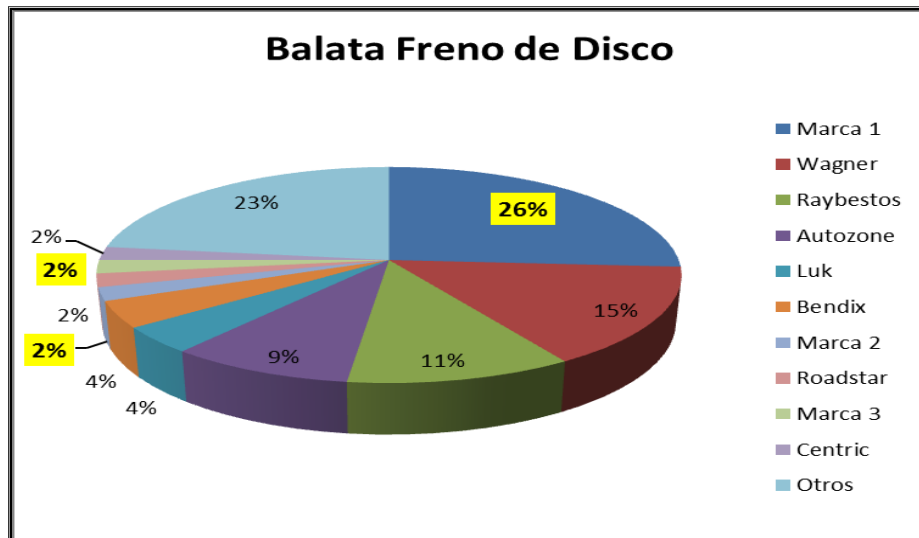
Ilustración 5. Cobertura de Producto vs Parque Vehicular Nacional.



Fuente: Datos propios de LA EMPRESA (2016).

LA EMPRESA concentra el primer lugar en el mercado nacional con un 26% a través de su marca principal, 4% a través de sus marcas secundarias dando un total de 30% del mercado mexicano como se observa en la Ilustración 6 (datos registrados en abril de 2016). Otros puntos que contribuyen a firmar que LA EMPRESA es la número 1 de México, son el monto de su facturación y un extenso catálogo de aproximadamente 20,000 números de parte.

Ilustración 6. Cobertura Nacional 2016.



Fuente: Datos propios de LA EMPRESA (2016).

Por lo anteriormente expuesto, LA EMPRESA debe tener claro de cuál es su razón de ser y hacia dónde quiere ir en relación con los valores que pregona (ver punto 1.1.3).

### **1.1.1 Misión**

Dar a nuestros clientes una completa disponibilidad de productos de fricción, de alta calidad.

### **1.1.2 Visión**

Ser una organización líder en México y en el mundo en términos de producción y comercialización de productos de fricción para la industria automotriz y la industria en general.

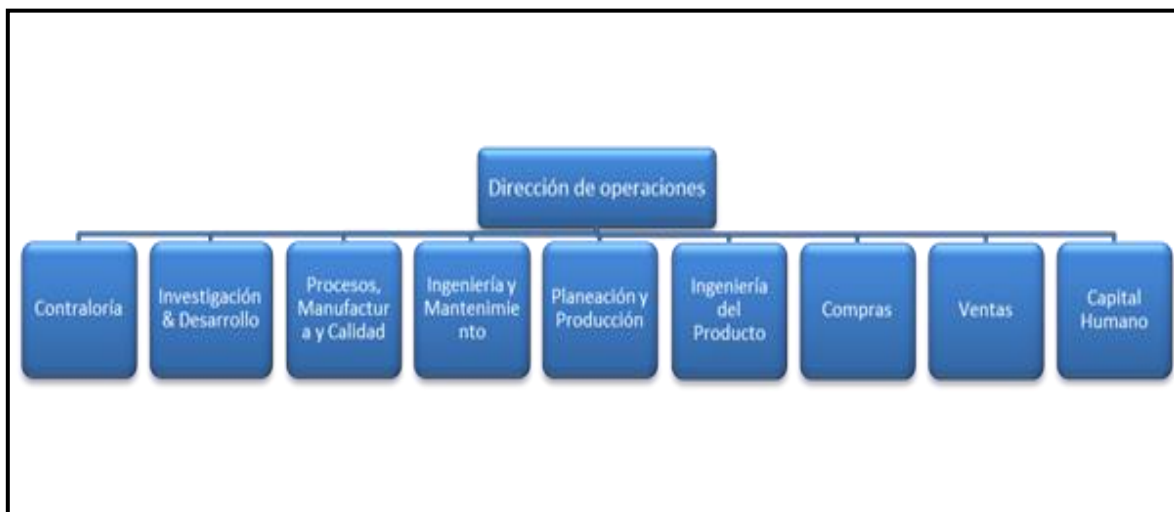
### **1.1.3 Valores**

- Compromiso
- Responsabilidad
- Lealtad
- Respeto
- Creatividad

### 1.1.4 Organigrama

LA EMPRESA se encuentra dividida en 9 Gerencias reportando directamente a la Dirección de Operaciones, en una estructura completamente vertical (ver Ilustración 7). Debido a dicha estructura, se puede entender que no exista un departamento que lidere la gestión de la cadena de suministro, ya que todas las decisiones importantes deben ser consultadas con Dirección de Operaciones lo que ocasiona retrasos en la toma de decisiones y en la respuesta inmediata ante cualquier eventualidad.

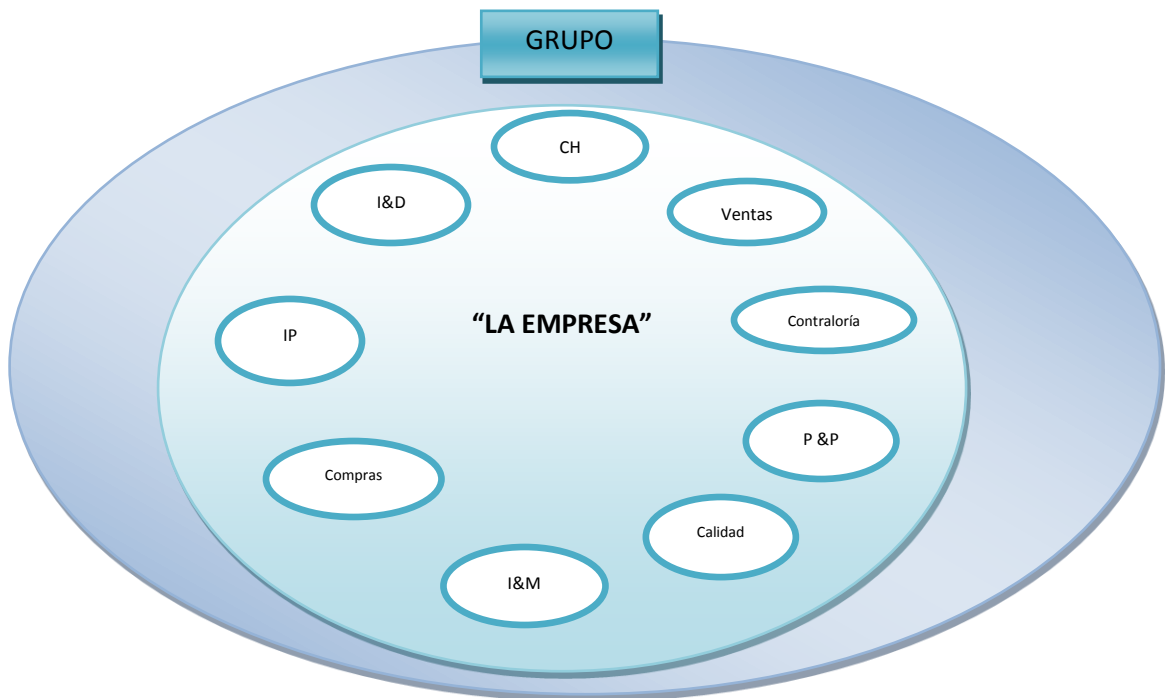
*Ilustración 7 Organigrama de LA EMPRESA.*



Fuente: Datos propios de LA EMPRESA (2016).

La gestión de la cadena de suministro es un área primordial dentro de la compañía toda vez que al ser una empresa manufacturera el abasto de todos los insumos a utilizarse en el producto son sumamente importantes, las fallas de los proveedores son críticas resultando en paros de la línea de producción con las consecuentes pérdidas financieras. Aunado a que LA EMPRESA no cuenta con una correcta gestión de su cadena de suministro interna toda vez que los departamentos no funcionan como una sola red que les permita trabajar de forma cooperativa ocasionándoles que no exista un correcto flujo de materiales y de información, junto con la poca visibilidad que existe en la misma (ver Ilustración 8).

Ilustración 8 Departamentos de LA EMPRESA.



Fuente: Datos propios de LA EMPRESA (2016).

Debido a todo lo anterior el sistema padece diferentes problemas dentro de su gestión de cadena de suministro, encontrándose principalmente los siguientes:

- Información desorganizada, SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte) arroja información desorganizada (obsoleta y actual) de los materiales que integran las fórmulas no permitiendo distinguir correctamente los que se utilizan actualmente.
- Falta de información en el sistema SAP de los materiales que constituyen las premezclas.
- SAP arroja información desorganizada, no distingue entre materiales principales y sustitutos de las fórmulas dificultando la planeación.
- Falta de información en el sistema SAP de productos complementarios: adhesivos, plastibond.

- Falta de comunicación entre los involucrados en la cadena de suministro (avisos, retroalimentaciones, etc.)
- Planeación mensual de materias primas lo que dificulta un seguimiento oportuno en el consumo de materiales por la variabilidad de la demanda.
- Tiempos de entrega por parte de proveedores no están establecidos en el sistema SAP.
- Tiempos de tránsito no están contemplados en el sistema SAP limitando una correcta planeación.
- Falta de información técnica de materiales para generar órdenes de compra.
- Inventarios de materia prima poco confiables.
- Falta integrar el proceso de requerimiento de materiales entre compras y planeación.
- Falta de capacitación de los involucrados (ejemplo: comprador desconoce las piezas de una manera integral).
- Errónea estimación de la demanda de venta.
- Falta análisis de demanda, de visión de venta.
- Tiempos de entrega no establecidos a los clientes.
- Resurtido de materiales erróneo por falta de entregas programadas.
- Falta de planeación en las entregas (ordenes abiertas sin programa de entrega).
- Estructura organizacional inadecuada para el ramo de la empresa.
- Falta de proveedores nacionales y de confiabilidad de los ya desarrollados.
- Lote mínimo de compra por parte de proveedores
- Falta descargar información en el registro info (tiempos de fabricación por parte del proveedor, de tránsito, de recepción).
- Negociaciones inadecuadas entre ventas y clientes.



## **1.2 Problema a resolver**

LA EMPRESA requiere mejorar la gestión de la cadena de suministro en términos de EBITDA en 6.6% garantizando un ROI de 4% y llevar el servicio al cliente a un nivel superior al 95%.

## **1.3 Objetivo General**

Desarrollar e implementar un modelo de simulación basado en dinámica de sistemas que sirva de apoyo en la toma de decisiones de esta empresa del sector para mejorar la gestión de la cadena de suministro de la empresa en comento, considerando indicadores de desempeño operativos y financieros.

## **1.4 Objetivos específicos**

OE 1.- Revisión de literatura referente a modelos de gestión de la cadena de suministro, metodologías de simulación utilizadas para el desarrollo de modelos de cadena de suministro y su gestión, así como de indicadores de desempeño.

OE 2.- Diseñar el modelo conceptual de la gestión de la cadena de suministro de LA EMPRESA.

OE 3.- Desarrollar e implementar un modelo de simulación basado en dinámica de sistemas utilizando el software Anylogic.

OE 4.- Diseñar las pruebas que nos permitan corroborar las hipótesis planteadas.

OE 5.- Diseñar los escenarios de simulación que apoyen la toma de decisiones de la Dirección de Operaciones de LA EMPRESA para la mejorar la gestión de su cadena de suministro. Analizar los resultados y emitir las recomendaciones pertinentes basadas en mejores prácticas internacionales.

## **Capítulo II**

### **2. Revisión de la Literatura y Marco teórico.**

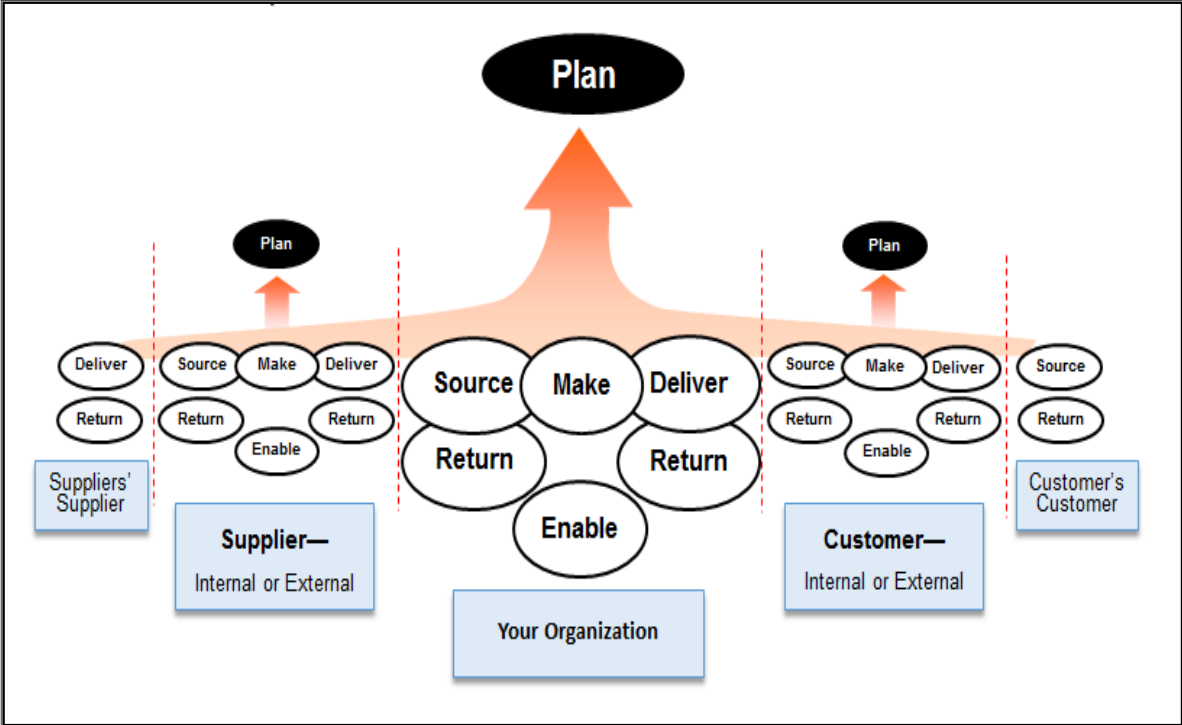
En el presente capítulo, se describe la gestión de la cadena de suministro desde la perspectiva de los principales autores, se indican similitudes y diferencias entre ellas. De igual forma, se presentan los problemas más importantes relacionados a la gestión de la cadena de suministro en la industria automotriz y sobretodo en la de autopartes. Se revisan las mejores prácticas internacionales en la gestión de la cadena de suministro para cumplir los indicadores de desempeño requeridos por la EMPRESA. De la misma forma, se revisan diferentes trabajos de investigación que han abordado el estudio de cadena de suministro desde una perspectiva de Dinámica de Sistemas y se realiza un comparativo de los indicadores de desempeño estudiados en dichos trabajos.

#### **2.1 Modelos de gestión de la cadena de suministro**

De acuerdo con el Supply Chain Council la gestión de la cadena de suministro (SCM) se refiere a todos aquellos esfuerzos involucrados en la producción y entrega de productos o servicios finales desde el proveedor del proveedor hasta el cliente del cliente. La gestión de la cadena de suministro implica alinear el abasto con la demanda, el suministro de materias primas y partes, la planeación y ejecución de actividades de manufactura y ensamble, el almacenaje y rastreo de inventarios, la recepción y administración de órdenes, así como la distribución de productos a través de todos los canales hasta su entrega al consumidor final. La gestión de la cadena de suministro es una función de integración con la responsabilidad principal de vincular las principales funciones y procesos del negocio dentro y fuera de las empresas dentro de un modelo de negocio coherente y de alto desempeño. Esto incluye todas las actividades de la gestión logística señaladas anteriormente, así como las operaciones de fabricación, y el manejo coordinado de procesos y actividades con y a través de mercadotecnia, ventas, diseño de producto, finanzas y tecnologías de la información (ver Ilustración 9).

Se considera que el modelo propuesto por el Council es ampliamente utilizable en todas las organizaciones ya que toma en cuenta a todos los stakeholders, como intervienen e interactúan en cada organización, los planes que tiene cada una de ellas, y posteriormente como dichos planes y stakeholders se integran para formar un todo abarcando desde el proveedor del proveedor hasta el cliente del cliente.

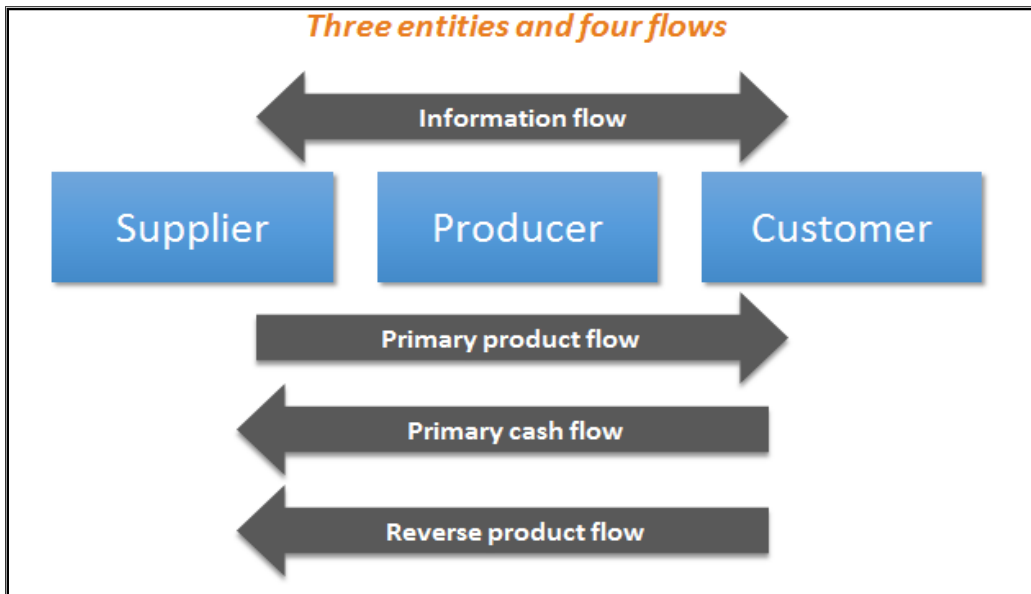
*Ilustración 9 Modelo de Cadena de Suministro del Supply Chain Council.*



Fuente: Adaptado del CSP (2016).

Desde la perspectiva de APICS la Gestión de la Cadena de Suministro es definida como el diseño, planeación, ejecución, control y monitoreo de las actividades de cadena de suministro con el objetivo de crear valor, construir una infraestructura competitiva aprovechando la logística mundial, sincronizando la proveeduría con la demanda y midiendo el desempeño global. El modelo propuesto por APICS comprende tres entidades básicas en la cadena de suministro proveedor, productor y cliente y cuatro flujos: flujos de información, flujo de producto primario, flujo de dinero primario y flujo de producto de reversa (ver Ilustración 10).

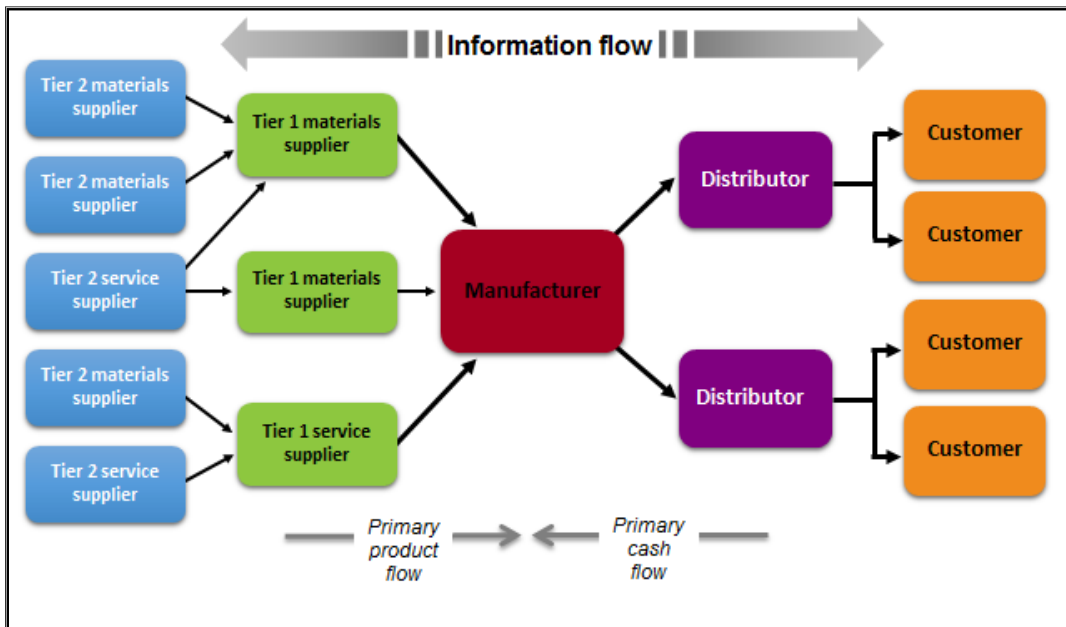
Ilustración 10 Modelo de Cadena de Suministro APICS.



Fuente: APICS (2016).

En lo que se refiere al modelo de cadena de suministro específico para el sector automotriz, APICS propone el siguiente modelo (ver Ilustración 11).

Ilustración 11 Modelo de Cadena de Suministro Sector Automotriz



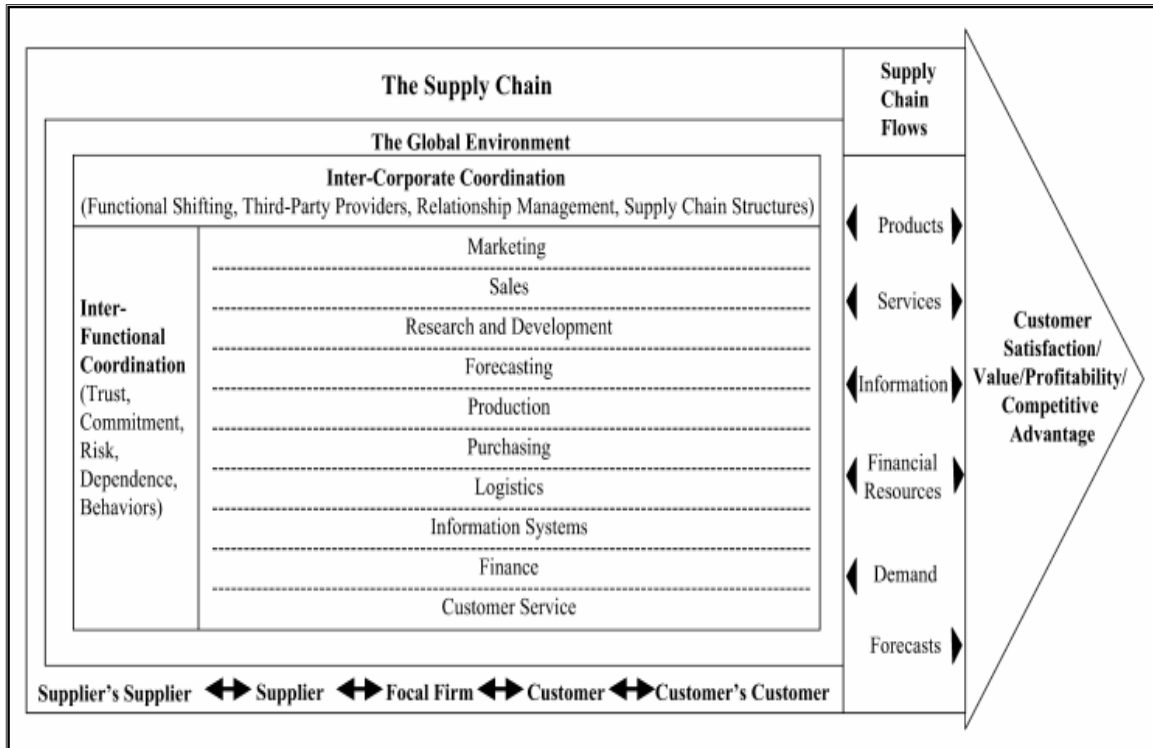
Fuente: APICS (2016).

Desde mi punto de vista los dos modelos propuestos por APICS son expuestos de una forma sencilla reflejando claramente como debe ser diseñada la red de la cadena de suministro y como debe funcionar e integrarse como un todo, estos modelos se consideran ampliamente utilizables para cualquier organización. Por lo anteriormente expuesto, se considera que LA EMPRESA debe identificar en dicho modelo como son las relaciones con sus clientes y proveedores para posteriormente revisar su cadena de suministro interna.

Por otro lado, Mentzer et al. (2001), definen a la gestión de cadena de suministro como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones y las tácticas tradicionales del negocio, dentro de una compañía en particular y de las empresas que participan en la cadena de suministro, con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de la empresa y de la cadena de suministro como un todo. Asimismo Mentzer et al. (2001), indican que la cadena de suministro es representada como un conducto, mostrando los flujos direccionales de la cadena de suministro (productos, servicios, recursos financieros, información, flujos de información de la demanda y pronóstico). Las funciones tradicionales de los negocios de marketing, ventas, investigación y desarrollo, pronóstico, producción, compras, logística, tecnología de la información, finanzas y atención al cliente llevan a cabo estos flujos desde el proveedor del proveedor a través del cliente del cliente para generar valor y satisfacción al cliente final. De igual forma el modelo toma en cuenta el papel crítico de generar valor y satisfacción al cliente logrando una ventaja competitiva y rentable para las empresas de manera individual, y como cadena de suministro en su conjunto como se observa en la Ilustración 12.

Además, Mentzer et al. (2001), sugieren que dentro del modelo es importante evaluar como las funciones de los negocios de manera individual se coordinan a través de las funciones y de las empresas, la coordinación interfuncional debe comprender una evaluación de los roles, compromiso, riesgo y coordinación. La coordinación interempresarial incluye cambio funcional dentro de la cadena de suministro, la función de los distintos tipos de proveedores de terceros, cómo las relaciones entre las empresas deben ser manejados, y la viabilidad de diferente estructuras de la cadena de suministro.

Ilustración 12 Modelo de la Gestión de Cadena de Suministro.

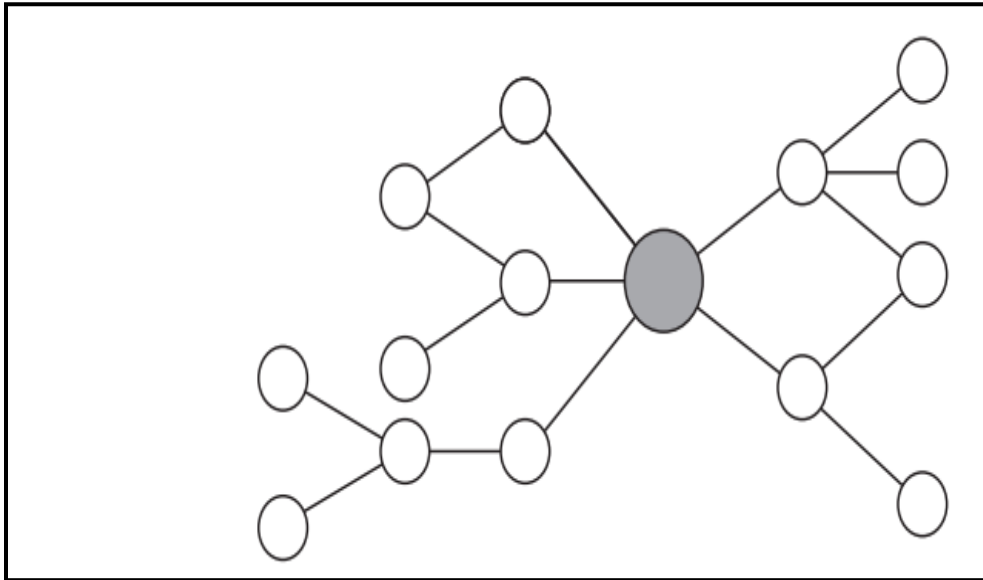


Fuente: Metzger et al. (2001).

Se considera que el modelo propuesto por Metzger et al. (2001), describe claramente lo que debe de ser una cadena de suministro y como las partes deben interactuar y coordinarse entre sí, no sólo entre departamentos sino también entre empresas para lograr que sea eficiente. Asimismo, punto importante a resaltar es que consideran la coordinación interfuncional examinando los roles, compromiso, riesgo y dependencia de los diferentes actores; al igual que entre las empresas.

Por su parte, Martin Christopher (2011), define a la gestión de la cadena de suministro como el manejo de las relaciones hacia arriba y hacia abajo con proveedores y clientes para entregar un valor superior al consumidor al menor costo de toda la cadena de suministro. El enfoque de la gestión de la cadena está en la cooperación y en la confianza, y en el reconocimiento de que el todo es más que la suma de las partes. Por lo que Martin Christopher (2011), sugiere que la cadena de suministro es una red de organizaciones conectadas e interdependientes trabajando mutua y cooperativamente para controlar, gestionar y mejorar el flujo de materiales e información desde los proveedores a los usuarios finales (ver Ilustración 13).

*Ilustración 13 Modelo de Cadena de Suministro de Martin Christopher.*

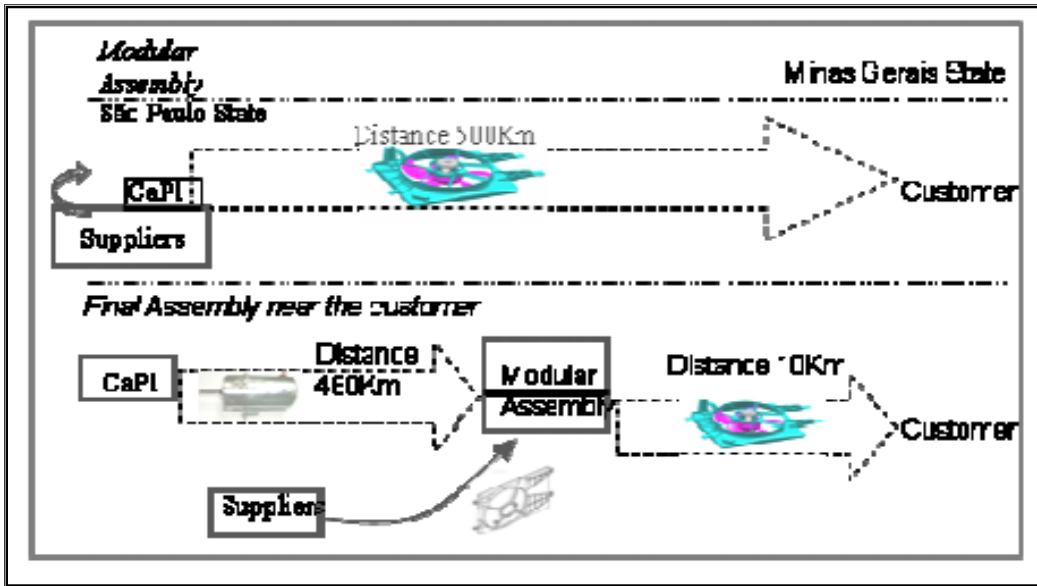


Fuente: Martin Christopher (2011).

Desde mi punto de vista el modelo propuesto por Martin Christopher (2011), es ampliamente funcional e ilustra lo que debemos considerar como cadena de suministro hoy en día, ya que no solo debe verse como una cadena de cooperación o interrelación entre los miembros, sino que los mismos deben de generar valor a lo largo de la cadena con el objetivo de ofrecer los mejores entregables al cliente.

Por otro lado, Carvalho, Silveira & Ramos (2010), proponen un rediseño de la cadena de suministro de la industria automotriz en Brasil enfocándose tanto en el proceso de producción como en el proceso logístico, eliminando pasos en la etapa de producción, cambiando la localización de las plantas proveedores a un lugar más cercano a la planta ensambladora, lo cual le permitió mejorar su cadena de suministro disminuyendo significativamente los costos logísticos. El rediseño de la cadena de suministro de autopartes que proponen tiene como objetivo entregar módulos a la planta ensambladora a un bajo costo, alta calidad y tiempos de entrega cortos. Bajo esta premisa, los autores revisaron la parte legal, tasas e impuestos entre un estado y otro, para después analizar los costos logísticos, valor de la fuerza laboral, agilidad en el sistema y competitividad como se muestra en la Ilustración 14, para de esta forma tomar la mejor decisión.

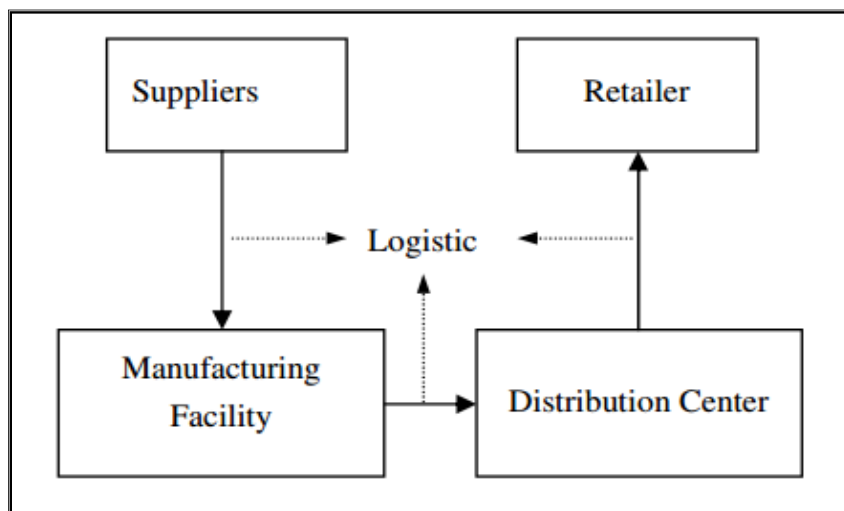
Ilustración 14 Rediseño de la Cadena de Suministro.



Fuente: Carvalho, Silveira & Ramos (2010).

Asimismo, la estructura que proponen Carvalho, Silveira & Ramos (2010) para el rediseño de la cadena de suministro es con base en los dos procesos integrados básicos: Producción y Procesos Logísticos (ver Ilustración 15).

Ilustración 15 Cadena de suministro: Producción y Logística.



Fuente: Carvalho, Silveira & Ramos (2010).



Es importante tomar en cuenta que aunque el diseño propuesto por parte del autor es funcional en una gran variedad de empresas no evalúa ni toma en cuenta la inversión que deben hacer los dueños toda vez que la mayoría de las empresas no tiene el capital suficiente para cambiar de localización en pro de mejorar la cadena de suministro como en nuestro caso. Por lo que un punto importante a tomar en cuenta en nuestro diseño es que dicho capital no se podrá obtener de primera instancia. Asimismo, las decisiones tomadas por Carvalho, Silveira & Ramos (2010) hasta cierto punto son obvias debido a que entre más cerca esté la planta proveedora de la productora los costos logísticos serán menores, la colaboración más estrecha y tendrán un menor costo de inventario. Sin embargo, creo que es sinónimo de reconocimiento que se haya rediseñado la cadena en pro de mejorarla pero como lo mencioné en el párrafo anterior sería importante que hubiera evaluado todos los beneficios que tuvo comparado con la inversión que se necesitó hacer y así de esta forma conocer en qué tiempo lo recuperó la empresa.

Otros autores que han hecho propuestas importantes al respecto son Santos Silva & Carvalho (2013), quienes sugieren dos etapas metodológicas para analizar la cooperación entre las compañías del sector de autopartes en Brasil, a través de los siguientes indicadores: percepción de disponibilidad de tecnología de la información, extensión de intercambio de información e intensidad de intercambio con proveedores y clientes (ver Ilustración 16). En la primera etapa, los autores realizan un análisis individual de las compañías por medio de índices de extensión de intercambio de información (EI) y de intensidad de intercambio de información (II). En la segunda etapa buscan identificar el comportamiento por análisis del cluster.

Ilustración 16 Matriz de Correlación de Pearson.

	Perception	Extension	IntSup	IntCost
<b>Perception</b>				
Pearson correlation	1	,490	,589*	,100
Sig. (2-tailed)		,129	,021	,722
N	15	15	15	15
<b>Extension</b>				
Pearson correlation	,490	1	-,010	-,340
Sig. (2-tailed)	,129		,972	,214
N	15	15	15	15
<b>IntSup</b>				
Pearson correlation	,589*	-,010	1	,337
Sig. (2-tailed)	,021	,972		,219
N	15	15	15	15
<b>IntCost</b>				
Pearson correlation	,100	-,340	,337	1
Sig. (2-tailed)	,722	,214	,219	
N	15	15	15	15

\* Correlation is insignificant at the 0,05 level (2 –tailed).

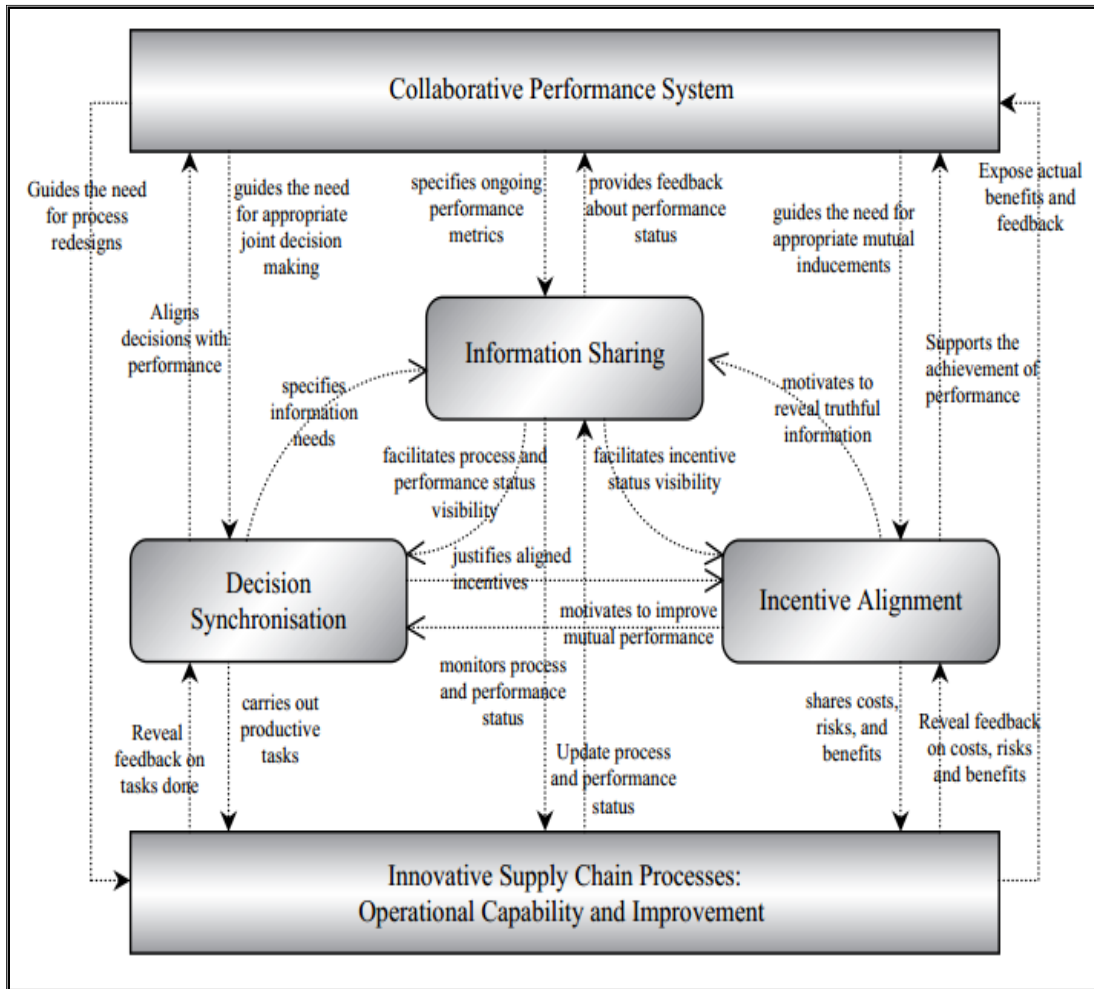
Fuente: Santos Silva & Carvalho (2013).

Santos Silva & Carvalho (2013), concluyen que no existe correlación entre los indicadores y que la disponibilidad de la tecnología de información es necesario pero no asegura la promoción de la integración de la información en la cadena de suministro; algo que es un mal que aqueja a las diferentes empresas no sólo de nuestro país porque aunque cuentan con los medios, al sistema no se les alimenta de información correcta o simplemente no se les alimenta que es más preocupante, en otras ocasiones tienen información basura o simplemente el personal no se sabe interpretar o utilizar dicha información. Otro punto que abordan Santos Silva & Carvalho (2013), que desde mi punto de vista es sumamente importante dentro de la cadena de suministro es la integración y visibilidad; cuando una organización está correctamente integrada permite a los stakeholders apoyarse y comunicarse en forma oportuna, responder eficientemente y con rapidez a cualquier imprevisto y genera visibilidad para tomar mejores decisiones, por lo que una vez más podemos aseverar que la información oportuna es sumamente valiosa dentro de una cadena de suministro eficiente. Pero no es sólo tener la información sino como lo expone Gustin et al. (1995), la información debe presentarse con calidad, con capacidad de reporte y con accesibilidad a la misma.

Se considera que el estudio es sumamente relevante y aplicable al caso que nos ocupa ya que se asemeja mucho a los problemas que aquejan a la organización en comento, toda vez que aunque se cuenta con el sistema SAP hay mucha información basura, no se sabe interpretar por el personal o simplemente no existe información dentro del sistema debido a que no está definida como una actividad primordial provocando toma de decisiones erróneas y por consecuencia una repercusión en los indicadores requeridos por la misma. De igual forma, este estudio nos permite comprobar que falta mucha integración entre los departamentos para tener una correcta cadena de suministro. Sin embargo, para tener un panorama más completo respecto a su análisis se debió haber compartido el organigrama de la cadena de suministro de por lo menos una compañía para de esta forma identificar los resultados presentados respecto al grado de integración de la información, toda vez que conocer el organigrama de la cadena de suministro estudiado nos permite compararlo con el nuestro y así adecuar el nuestro en busca de una eficiente cadena de suministro.

Además, Simatupang & Sridharan (2008) proponen un modelo para diseñar la colaboración en la cadena de suministro basado en cinco elementos claves: sistema de desempeño colaborativo, sincronización de decisión, compartir información, alineación de incentivos y procesos de cadena de suministros innovadores (ver Ilustración 17). Este modelo de colaboración sugiere que los miembros de la cadena necesitan considerar las interacciones entre los elementos para determinar que funciona y que no, y las acciones a tomar. Asimismo este modelo funge como un conductor para que los miembros puedan mejorar su desempeño individualmente y colectivamente. La idea fundamental de este modelo es que los miembros de la cadena deben colectivamente definir y compartir los cinco elementos de la arquitectura.

Ilustración 17 Modelo de Diseño de Colaboración en la Cadena de Suministro.

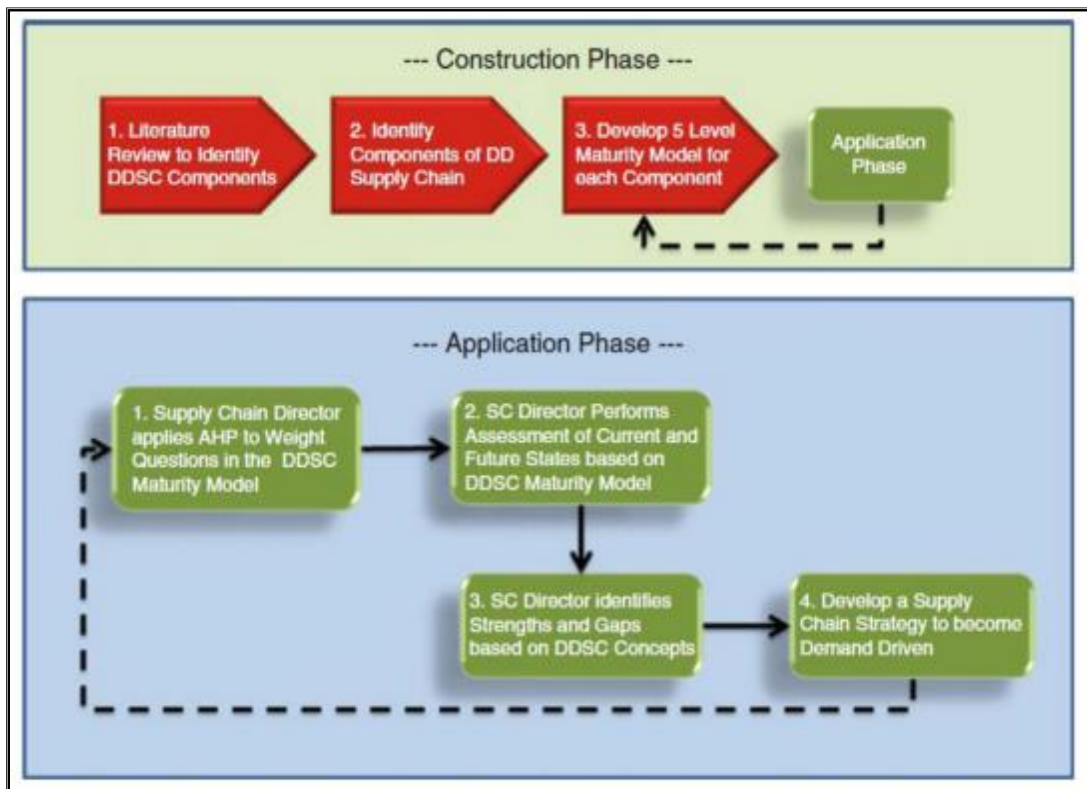


Fuente: Simatupang & Sridharan (2008).

Desde mi punto de vista el modelo propuesto por Simatupang & Sridharan (2008), es funcional para todo tipo de organizaciones toda vez que la colaboración es esencial entre los diferentes miembros de la cadena ya sea de manera interna o externa y la misma debe ser vista como una estrategia cooperativa y benéfica para todos los miembros y no sólo para algunos en pro de llevar el mejor entregable al cliente final. Debido al mundo dinámico y complejo en el que nos desenvolvemos hoy en día es necesario que los miembros de la cadena compartan los objetivos estratégicos que tiene la empresa, relacionarlos con sus objetivos particulares y con los de los miembros de la cadena para de esta forma colaborar y así lograr el éxito de la cadena de suministro.

También Mendes, Leal & Tavares (2016), proponen una estructura para apoyar a las empresas a evaluar su actual nivel de madurez respecto al manejo de la demanda, mismo que les permite establecer las estrategias de cadena de suministro para alcanzar niveles superiores de madurez. Dicho modelo fue aplicado en tres países: Brasil, Estados Unidos y Uruguay; y consta de cinco etapas: operación básica, optimizada, híbrida push-pull, manejo de demanda avanzada y manejo de demanda optimizada. Para conocer en qué etapa de madurez se encuentra la empresa debe evaluar su posición en el modelo de madurez de la gestión de la demanda, gestión de operaciones y proveeduría, y gestión de ciclo de vida del producto. Una vez que realiza este análisis e identifica en qué etapa se encuentra se establecen estrategias de cadena de suministro para alcanzar niveles superiores de madurez (ver Ilustración 18). La revisión sistémica y evaluación de nivel de madurez de cada componente y categoría debe ser usada para construir una ruta específica para la empresa para que llegue a manejar la demanda.

*Ilustración 18 Metodología para Desarrollar un Modelo de Madurez de Manejo de Demanda de Cadena de Suministro.*



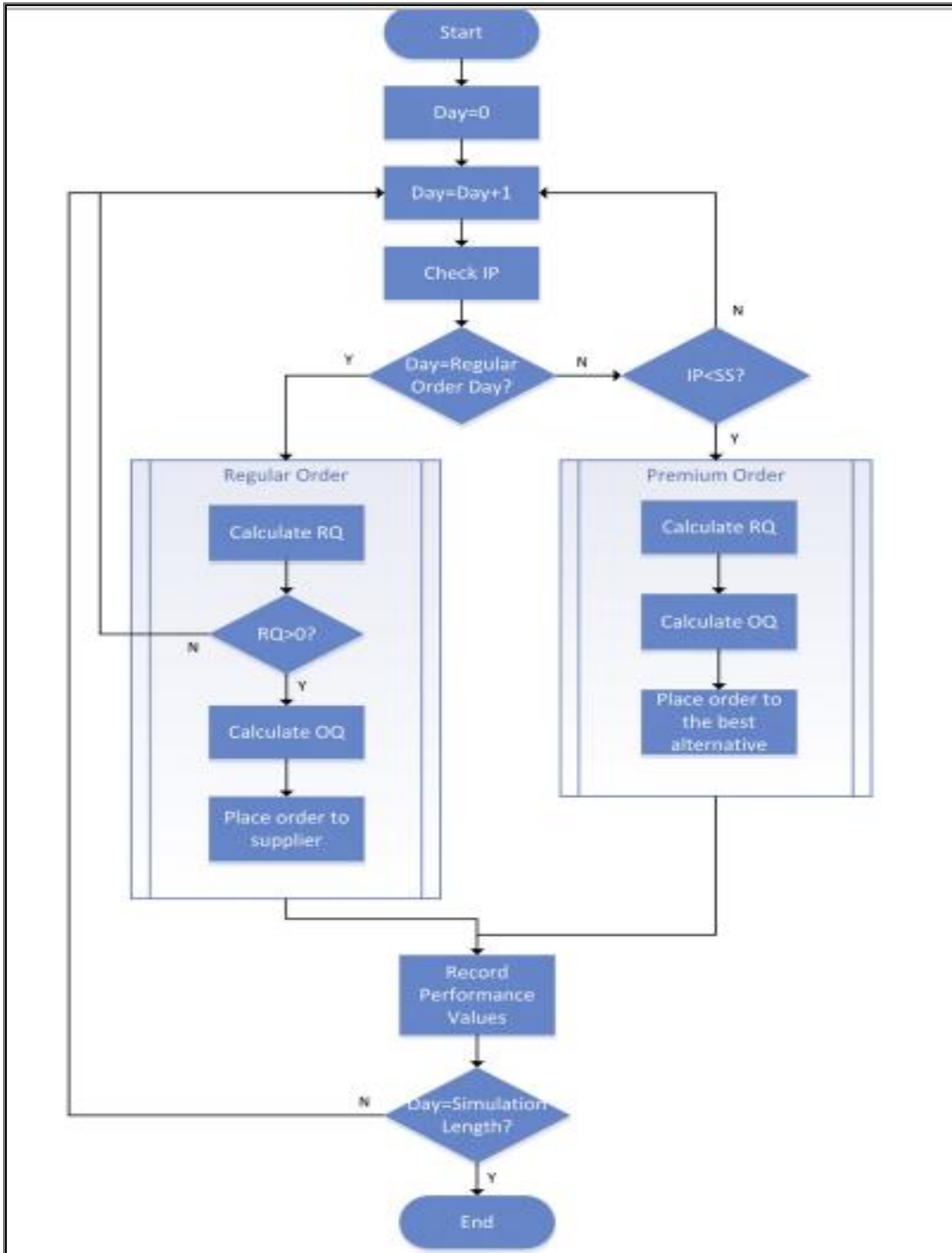
Fuente: Mendes, Leal & Tavares (2016).

Desde mi punto de vista el modelo propuesto por Mendes, Leal & Tavares (2016), es de gran ayuda debido a que el manejo correcto de la demanda es fundamental en una cadena de suministro eficiente. Sin embargo, es importante comentar que su modelo se queda en un contexto muy general al no poder identificar claramente en que momento pasa de un nivel a otro o mejor dicho cuál es el criterio utilizado para ubicar a las empresas en cada nivel toda vez que aunque describe cada nivel la misma se explica de una forma general dejándolo a criterio de cada persona. Así mismo, como lo mencioné anteriormente el manejo de la demanda es el punto crucial del desempeño de la cadena de suministro por lo que es importante conocer todas las variables, controlar la mayoría de ellas y las que no se puedan gestionarlas de la mejor forma. El conocer en qué etapa de madurez de manejo de demanda se encuentra nuestra compañía nos permitirá evaluar si la estructura es acorde al ambiente en el que se desempeña nuestra empresa, no podemos implementar una estrategia sin antes haber identificado las necesidades que tenemos respecto del mercado. Se considera que este modelo es funcional para las empresas pero se debe evaluar de una forma más exhaustiva y con criterios claros respecto a cada nivel para de esta forma tener una evaluación correcta. De igual forma punto a resaltar es que ya no se habla de pronósticos para conocer la demanda sino de establecer estrategias para manejarla.

## **2.2 Metodologías de simulación utilizadas para modelar la gestión de la cadena de suministro**

Mualla Gonca Avci & Hasan Selim (2016), sugieren un modelo de sistema multiagente para observar los efectos de colocar órdenes de compra en la cadena de suministro con un transbordo preventivo lateral, considerando el abastecimiento y demanda incierta. En este modelo la cadena de suministro consiste de plantas autónomas múltiples, las cuales logran minimizar sus costos a través de una gestión de inventario colaborativo, para ello las plantas revisan diariamente su inventario y colocan órdenes de acuerdo a sus necesidades. El modelo multiagente de Mualla Gonca Avci & Hasan Selim (2016) permite conocer el flujo físico dentro de la cadena de suministro bajo una filosofía just in time en la que los desabastos no son permitidos (ver Ilustración 19), por lo que la que la estrategia de las compras debe estar perfectamente alineada a la filosofía para de esta forma evitar la escasez apoyados por una cooperación lateral de agentes.

Ilustración 19 Estructura del flujo de simulación.



Fuente: Gonca Avci, Hasan Selim (2016).

Por lo tanto podemos decir que el modelo propuesto por Mualla Gonca Avci & Hasan Selim (2016), es un modelo funcional para varias empresas pero no para el caso que nos ocupa toda vez que en este caso estamos hablando de una planta manufacturera con una sola planta y el artículo enfoca el modelo a una red de plantas con actividades similares. Sin embargo, hay cierto puntos que son de gran utilidad para nuestro caso ya que nos pueden ayudar a mejorar la cadena de suministro tales como revisar constantemente el inventario para tener un enfoque preventivo de nivel de inventario, no tener un exceso de los mismos, gestionar correctamente las órdenes de compra tanto regulares como premium cuidando no caer en sobreinventario o en costos extras. Por tal motivo, se considera que esta propuesta se desvía del objetivo planteado en esta tesis por lo que solo se tiene en cuenta el aporte que hacen los autores a nivel general.

Por otro lado, Silva Andrade et al. (2016), proponen un modelo para desarrollar la cadena de suministro en Brasil en orden de incrementar la competitividad de proveedores locales buscando mejorar la calidad, costos y resultados financieros a través del ciclo de vida del producto por medio de una filosofía de Lean Manufacturing (ver Ilustración 20). Para ello en el proceso de desarrollo de la cadena de suministro, los autores proponen que los proveedores buscan mejorar la calidad (incrementándola), costos (reduciéndolos) y tiempo (rapidez) a través de un eficiente uso de los recursos.

*Ilustración 20 Proceso de Desarrollo de la Cadena de Suministro.*



Fuente: Silva Andrade et al. (2016).



Cabe resaltar que aunque los autores consideran que el modelo (ver Ilustración 21) es aplicable a cualquier empresa industrial discrepo con ello, primeramente porque el modelo está enfocado en tener en una distancia corta con todos los proveedores, en el caso que nos ocupa la mayoría de los proveedores son extranjeros con procesos muy bien establecidos que muy difícilmente aceptarían un cambio con tal de mejorar la cadena de suministro. Por tal motivo, se considera que este modelo es aplicable si al sector automotriz pero sólo a proveedores de OEMs o plantas ensambladoras (tier 1 o tier 2) mismos que deben de cumplir ciertas características en su proveeduría e incluso acatarse a las exigencias de las OEMs para eficientar su cadena de suministro.

Ilustración 21 Modelo propuesto.



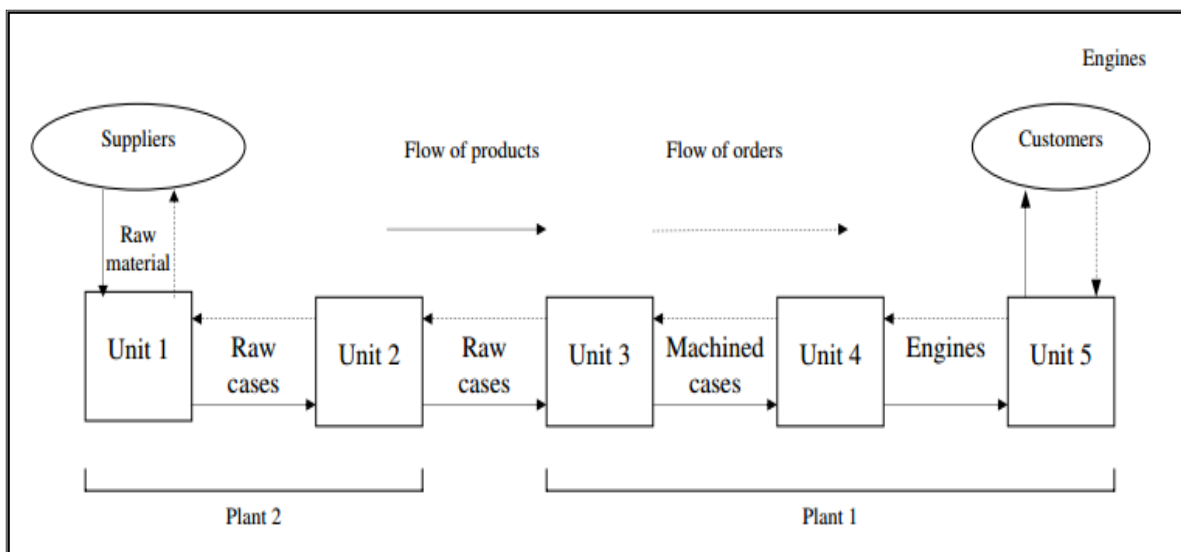
Fuente: Silva Andrade et al. (2016).

Otra de las aportaciones que se revisó fue la propuesta de Pierreval, Bruniaux & Caux (2007), quienes proponen un modelo de simulación de un fabricante de autos en Francia compuesto de cinco plantas en dos ubicaciones diferentes para conocer el comportamiento de la cadena de suministro, y de esta forma obtener información importante para mejorar su desempeño. El modelo está basado en los sistemas dinámicos de Forrester quien sugiere 4 conceptos:

- Niveles: describen acumulaciones dentro del sistema y se dibujan como tanques. Los niveles representan los valores actuales de la variable que contienen que han resultado de la diferencia acumulada entre las entradas y los flujos de salida.
- Flujos: los cuales transportan el contenido de un nivel a otro.
- Funciones de decisión: los cuales controlan las tasas de flujo entre niveles.
- Canales de información: los cuales conectan los niveles a las funciones de decisión.

Para ello se desintegra cada planta de producción dentro de unidades logísticas como se muestra en la Ilustración 22.

*Ilustración 22 Modelo de Cadena de Suministro.*

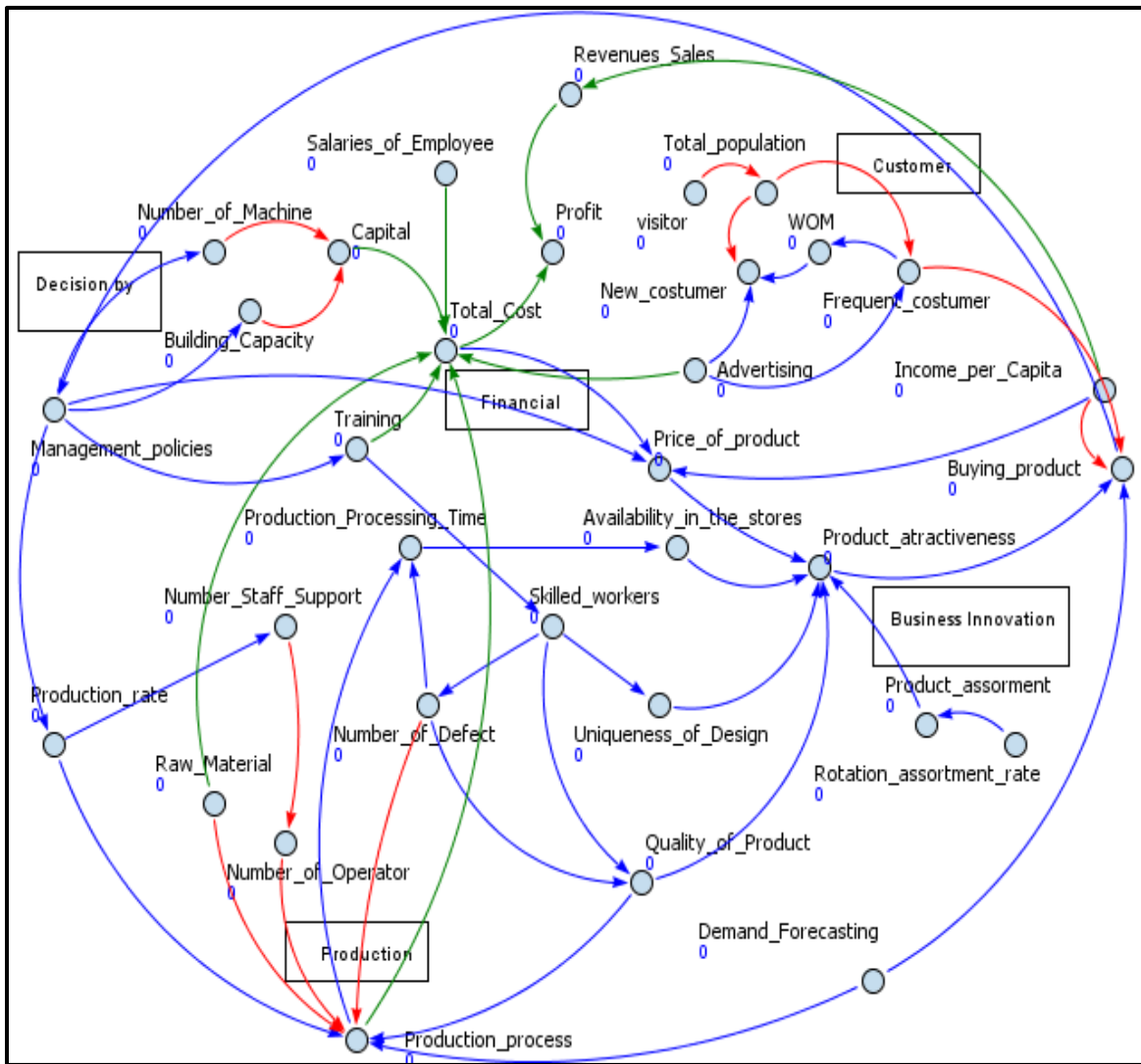


Fuente: Pierreval, Bruniaux & Caux (2007).

En esta propuesta, los autores consideran que este modelo aunque es funcional y de gran utilidad, no ofrece las herramientas necesarias para poder implementarlo al no proporcionar información detallada por cuestiones de confidencialidad. Por tal motivo, la aportación que podemos tomar de este artículo es que la cadena de suministro debe ser analizada constantemente a través de modelos de simulación para de esta forma poder reaccionar adecuadamente ante los constantes cambios, ya que hoy en día el mundo actual se desenvuelve de forma continua y dinámica por lo que este modelo nos permite identificar las variables claves y sus relaciones con los diferentes stakeholders para poder reaccionar efectivamente ante esas situaciones.

Por su parte Mariany et al. (2012) proponen un modelo de cadena de suministro para pequeñas y medianas empresas del vestido en Indonesia por medio de Dinámica de Sistemas para tomar decisiones y de esta forma apoyar a dirección a identificar las mejores estrategias del negocio. En dicho modelo simulan la complejidad dinámica de dicha industria y muestran la relación causal de la estructura del sistema mismo que apoya la estrategia del negocio. Las líneas rojas indican el flujo de materiales, las líneas azules muestran las líneas de información entre los elementos, y finalmente las líneas verdes indican el flujo financiero en el sistema (ver Ilustración 23).

Ilustración 23 Diagrama de lazo causal de pequeñas y medianas empresas del vestido en Indonesia.

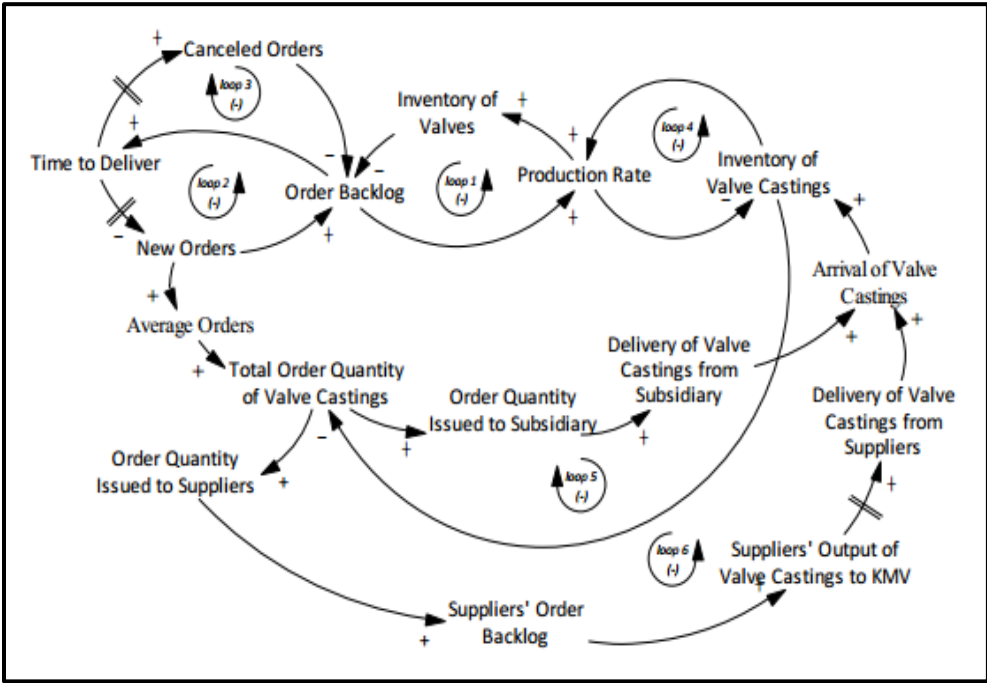


Fuente: Adaptado de Mariany et al. (2012).

Por lo que respecta a esta propuesta el modelo es ampliamente funcional para nuestro proyecto de investigación debido a que se identifican las relaciones que existen entre los elementos que conforman el sistema a través del Diagrama Causal siendo de gran ayuda para entender y analizar varios factores para tomar decisiones. Aunado a lo anterior, el modelo propuesto por Mariany et al. (2012) es de gran utilidad toda vez que al hacer uso de Dinámica de Sistemas permite conocer diferentes escenarios sobre la mejor estrategia que debe adoptar el negocio. Por lo cual, es ampliamente utilizable para nuestro modelo conceptual.

Por otro lado, Yatsai Tseng et al. (2010) usan Dinámica de Sistemas como un enfoque y perspectiva para analizar el proceso evolutivo de colaboración en la cadena de suministro. Ellos ilustran como el comprador en una red de cadena de suministro inesperadamente perjudica la confianza con sus proveedores llevando a colapsar las relaciones entre ellos. Por lo que este modelo muestra que las relaciones de la cadena de suministro pueden ser más complejas que la consideración de costos. Yatsai Tseng et al. (2010) proponen un modelo de Dinámica de Sistemas para explicar el proceso evolutivo de la relación de la cadena de suministro usando un Diagrama de lazo causal cualitativo (ver Ilustración 24) mismo que muestra las relaciones entre la empresa compradora y sus proveedores de acuerdo a la secuencia de proceso de cumplimiento de órdenes, reasignación de órdenes de proveedores a la planta y colapso rápido de la relación con proveedores.

Ilustración 24 Diagrama de lazo causal de Cumplimiento de órdenes.

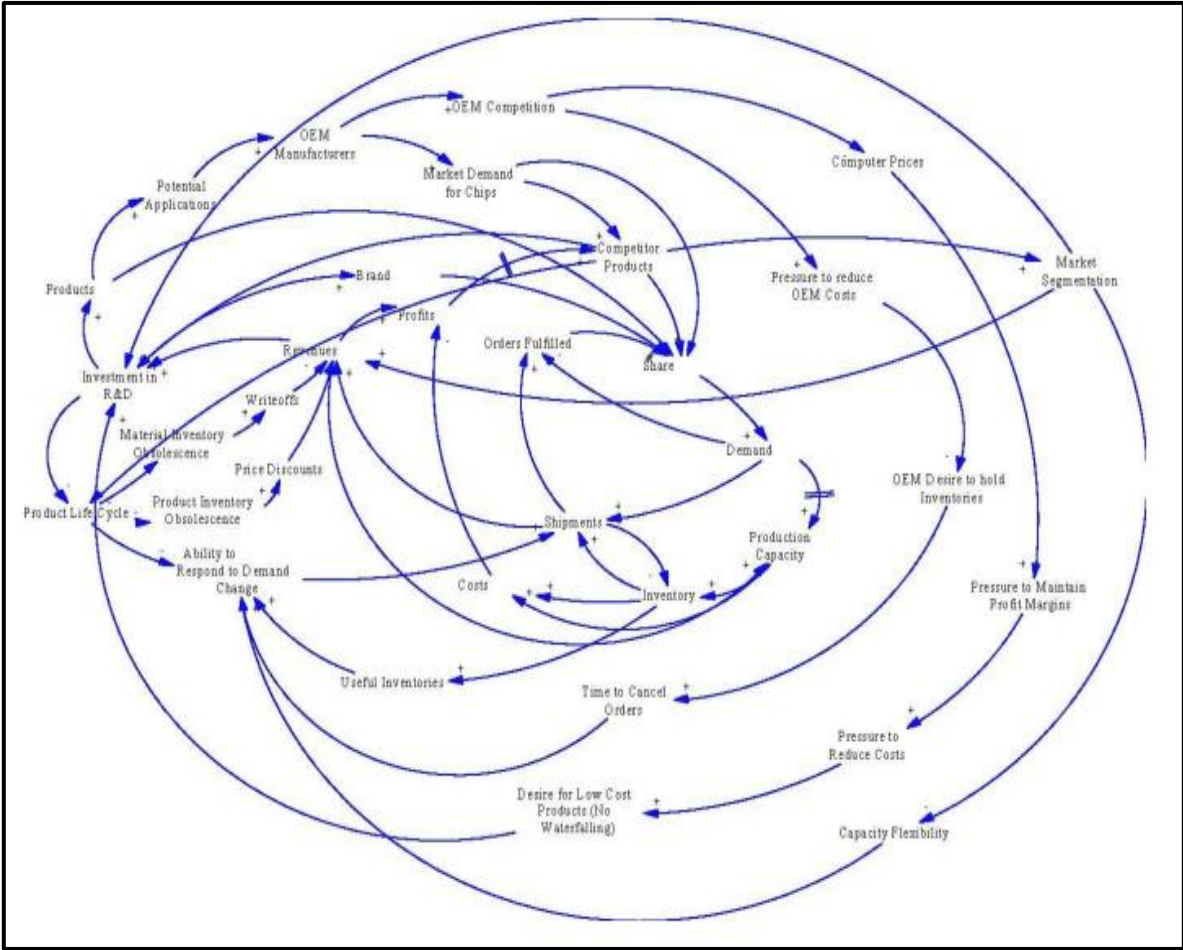


Fuente: Yatsai Tseng et al. (2010).

El modelo propuesto por Yatsai Tseng et al. (2010) es funcional para nuestro modelo debido a que estudia el cumplimiento de las ordenes y las relaciones que existen entre los elementos que se asocian a dicho objetivo. Por tal motivo, se considera una buena aportación para medir el nivel de cumplimiento de las órdenes y con ello el nivel de servicio.

Por su parte, Mohammed G. Sayed et al. (2014) sugieren una metodología a través de un modelo de Dinámica de Sistemas de la cadena de suministro de una compañía manufacturera de electrónicos, la cual está enfrentando un problema de constantes oscilaciones en su inventario de bienes finales y su capacidad deseada. Adicional a esto la compañía ha mantenido su participación de mercado, tiene competencia muy fuerte y mucha fluctuación de la demanda, por lo que ellos proponen una metodología que detecte los cambios en el comportamiento de la cadena de suministro debido a los factores internos y externos. Dichos factores son estudiados a través del Diagrama de lazo causal siguiente (Ilustración 25):

*Ilustración 25 Diagrama de lazo causal para el modelo de cadena de suministro de Dinámica de Sistemas.*

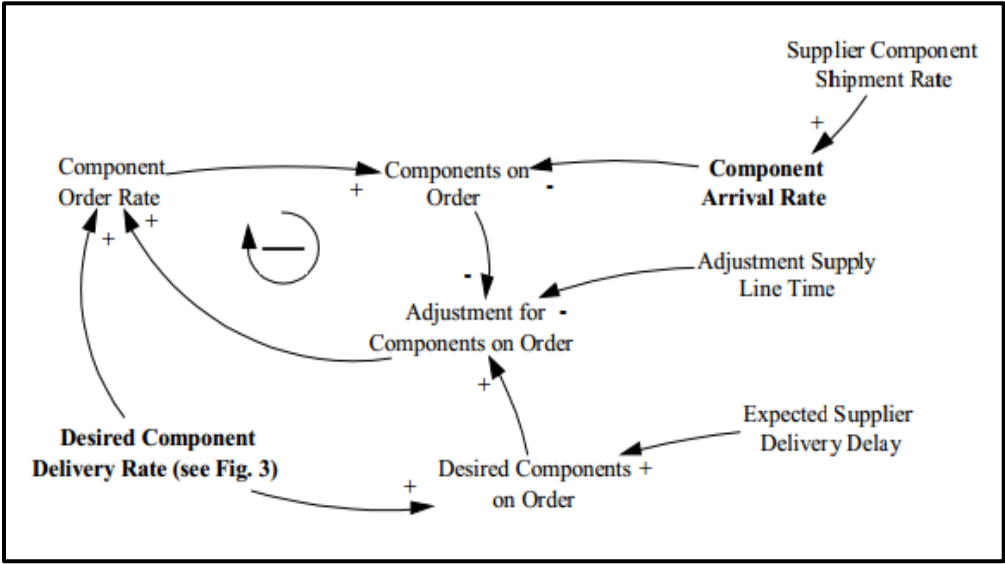


Fuente: Mohammed G. Sayed et al. (2014).

La dinámica de sistemas ayuda a descifrar las relaciones de numerosas variables y descubrir el cambio de dirección de las mismas, Mohammed G. Sayed et al. (2014) concluyen que la Dinámica de Sistemas es una herramienta importante para detectar el comportamiento de la cadena de suministro. Por otra parte, podemos decir que lo más importante de esta investigación es la propuesta de su Diagrama de lazo causal toda vez que estudian elementos que soportan nuestro modelo como la relación de capacidad de producción con ingresos, inventario-costos, costos-utilidades, etc.

Otros autores que han hecho propuestas importantes al respecto son Carlos Rafele & Anna Corinna (2006), quienes proponen un modelo de Dinámica de Sistemas para evaluar cuantitativamente la unión entre desempeño logístico en los diferentes eslabones de la cadena de suministro. Los autores complementan su propuesta utilizando el Modelo Logistical mismo que les permite trazar la ruta para conocer las razones del nivel de desempeño logístico. De igual forma este enfoque permite conocer las relaciones de causa y efecto, y los lazos de retroalimentación entre las cantidades que afectan el rendimiento de indicadores. Para ellos utilizan tres Diagramas de lazo causal representando los componentes de las órdenes (ver Ilustración 26), componentes del inventario y la gestión de inventarios de producto final.

Ilustración 26 Diagrama lazo causal de las órdenes.



Fuente: Carlo Rafele & Anna Corinna (2006).



Se considera que este modelo es de gran utilidad debido a que estudia principalmente tres métricas de desempeño: rotación de inventarios, nivel de servicio y porcentaje de desecho. Debido a que en el presente trabajo de investigación estamos estudiando nivel de servicio se considera una gran aportación al estudiar los elementos que tienen relación con dicha métrica.

*Tabla 1 Comparativo de los indicadores de desempeño estudiados por los autores revisados.*

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Tipo de modelo de simulación</b>	<b>Análisis de KPI's</b>
Mualla Gonca Avci & Hasan Selim	2016	Modelo de simulación multiagente	Nivel de inventario Órdenes de compra premium Costo de flete premium Costo de inventario
Silva Andrade et al.	2016	Modelo de simulación de agentes y procesos	Calidad Costo Tiempo
Pierreval, Bruniaux & Caux	2007	Modelo de sistemas dinámicos (procesos)	Nivel de inventario Volúmenes de las ordenes Lead-time Delivery shortages
Mariany et al.	2012	Modelo de Dinámica de Sistemas	Atractividad (Precio, Diseño, Calidad)
Yatsai Tseng et al.	2010	Modelo de Dinámica de Sistemas	Cumplimiento de ordenes Reasignación de ordenes Colapso de relación con proveedores
Mohammed G. Sayed et al.	2014	Modelo de Dinámica de Sistemas	Demanda Nivel de Servicio Inventario Capacidad de Producción
Carlo Rafele & Anna Corinna	2006	Modelo de Dinámica de Sistemas	Nivel de Servicio Rotación de inventarios Porcentaje de desecho



## **2.3 Indicadores de desempeño**

La red compleja abarca a toda la organización incluyendo a la gestión de la cadena de suministro, por lo que la red organizacional afecta las mediciones esenciales del desempeño de la misma tanto financiera como operacionalmente. Para mejorar dicho desempeño y hacer más eficiente a las organizaciones se establecen indicadores de desempeño (KPI's) los cuales son fundamentales en la medición de resultados de las organizaciones, ya que nos permiten conocer el logro de objetivos y como se encuentra la organización. En el caso de LA EMPRESA principalmente se miden a través de tres indicadores EBITDA, ROI y Nivel de Satisfacción del Cliente, los cuales son afectados por el desempeño de la cadena de suministro.

### **2.3.1 EBITDA**

Un indicador de desempeño financiero es el EBITDA o ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización, este indicador es esencial porque toma en cuenta los ingresos de las ventas y resta todos los gastos que no sean intereses, impuestos, depreciación y amortización. El EBITDA es además una medida de rentabilidad operacional de las compañías a través del tiempo, pero eliminando los potenciales efectos de distorsión de cambios en intereses, impuestos, depreciación y amortización, el cual puede ser manipulado por decisiones de finanzas o contabilidad. La importancia de usar esta métrica es que nos permite comparar mejor a la compañía y su rentabilidad operacional sin tomar en cuenta su estructura de capital.

El EBITDA es de gran interés particular para las organizaciones que tienen gran cantidad de activo fijo los cuales son sujetos a fuertes cargos de depreciación o en el caso donde la compañía tiene una gran cantidad de activos intangibles adquiridos en sus libros y además sujetos de gran amortización. Como cualquier ganancia o métrica de flujo de efectivo, EBITDA es usualmente calculado sobre bases mensuales o trimestrales, pero las organizaciones típicamente proyectan el EBITDA sobre un periodo anual y reportan sobre el año anterior. Muchas organizaciones establecen los objetivos EBITDA y reportan esos a los inversores, dicha cifra real dependerá de la industria y el desempeño será comparado con otras compañías de la misma industria. Como cualquier medida de

rentabilidad, mientras el número sea positivo cuanto más grande mejor. El EBITDA puede ser calculado usando el Estado de resultados y la información contable de la compañía a través de la siguiente fórmula:

EBITDA= Ingresos- Gastos (excluyendo intereses, impuestos, depreciación y amortización)

Cabe resaltar que el EBITDA es una buena métrica para evaluar la rentabilidad pero no para el flujo de efectivo. Así mismo, el EBITDA también deja fuera el flujo requerido para capital de trabajo y el reemplazamiento de equipo viejo, el cual puede ser significativo, por lo tanto el EBITDA es recomendable utilizarlo con más métricas financieras para obtener un panorama completo de la salud financiera de la compañía. El EBITDA es una medida de gran ayuda para grandes compañías con enormes activos, y/o para compañías con una gran cantidad de deuda financiera, por lo que es raramente una medida de gran ayuda para evaluar empresas pequeñas con préstamos no significantes.

### **2.3.2 Tasa de Retorno de Inversión (ROI)**

El ROI se refiere a la tasa de retorno o tasa de rentabilidad, es una medida de desempeño financiero que es usada para evaluar la eficiencia de una inversión (después o durante el periodo de inversión) o para comparar la eficiencia de un número de inversiones diferentes (antes de que el capital es asignado). El ROI es un cálculo de las ganancias más tangibles o beneficios que pueden ser esperados de un proyecto contra el costo por implementarlo sugiriendo el programa o solución; en otras palabras es la proporción de dinero ganada o pérdida en una inversión relativa a la cantidad de dinero invertido. El ROI es una métrica muy popular dentro de las organizaciones porque es versátil y sencilla, de gran ayuda para el proceso de toma de decisiones. Corriendo una proyección de ROI las organizaciones pueden determinar apropiadamente el ROI de una inversión. En caso de que haya oportunidades con un alto ROI es probable que las de bajo ROI no sean emprendidas o al menos no sean prioritarias. El ROI puede ser separado dentro de dos categorías: Micro o Macro ROI.

**Micro ROI:** está enfocado en elementos de cualquier proyecto o programas de las compañías que puedan llegar a estar involucradas. Micro ROI puede incluir casi cualquier cosa donde una empresa gastaría dinero o donde ellos esperarían un resultado financiero positivo en menos de un año.

**Macro ROI:** se refiere al desempeño en general de iniciativas de grandes compañías. El tiempo para ese tipo de iniciativas es probablemente mayor a un año y puede extenderse por varios años.

Por lo anteriormente expuesto podemos aseverar que el ROI es una métrica clave de seguimiento por los inversores, misma que busca que los negocios puedan demostrar retornos positivos en sus inversiones de forma continua. El costo y esfuerzo de calcular el ROI depende de la complejidad de calcular los beneficios de la inversión, esta puede ser compleja si la información para los beneficios financieros no están disponibles.

### **2.3.3 Nivel de servicio**

Otro indicador de gran relevancia para LA EMPRESA es el nivel de servicio el cual es la métrica más popular de todos los indicadores de desempeño no financieros. Para una organización comercial es generalmente percibida como la medida no financiera más indicativa del desempeño financiero futuro, la creencia empieza que entre mayor sea el nivel de servicio habrá mayor satisfacción al cliente, por lo que ellos probablemente serán leales/recomprarán, lo cual sucesivamente liderará el éxito financiero; dicho de otra manera la medida de nivel de servicio provee un indicio de como exitosamente la organización está proveyendo productos y/o servicios al mercado. Aunado a que es más caro atraer nuevos cliente que retener los actuales, por lo que es financieramente más benéfico asegurarse que el cliente actual permanezca feliz, es decir, que ellos reciban los productos que ordenan. De los muchos beneficios de esta medida, uno de los de mayor peso es que provee a los líderes visión en la brecha entre desempeño de producto presente/entrega del mismo, esto permite intervenir para mejorar el desempeño frente al cliente. Hay muchas formas de medir el nivel de servicio, uno de los enfoques más utilizados es número de entregas entre número de productos ordenados en un período dado.

## Capítulo III

### **3. Desarrollo e implementación de un modelo de simulación para mejorar la cadena de suministro.**

En el Capítulo 3, se desarrolla e implementa la metodología de Sterman (2000) a través de un modelo de simulación de Dinámica de Sistemas en el software Anylogic permitiéndonos analizar las variables que afectan la gestión de la cadena de suministro de LA EMPRESA, y a su vez el logro de los indicadores de desempeño establecidos por la organización. De igual forma, se diseñan los escenarios de simulación que apoyan la toma de decisiones de la Dirección de Operaciones de LA EMPRESA. Al final, se analizan los resultados y se emiten las recomendaciones que permitirán fundamentar la toma de decisiones.

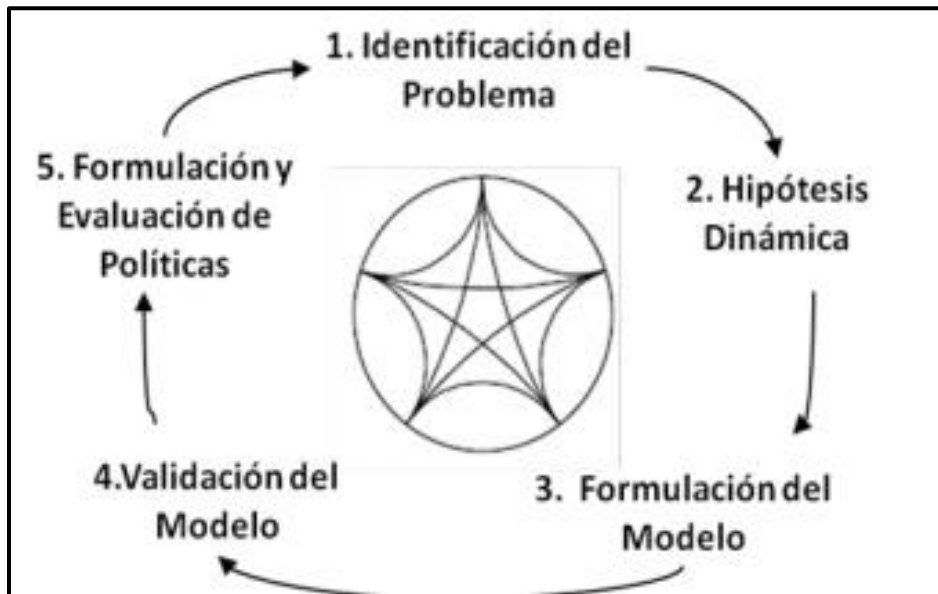
La Dinámica de Sistemas (SD) (Forrester, 1961) se define como el estudio de las características de lazos de retroalimentación existentes en un sistema para conocer la interacción entre los procesos de decisión y las acciones que afectan su rendimiento. Las raíces de la dinámica de sistemas se sitúan en los sistemas en diferencia y en las ecuaciones diferenciales. En la dinámica de sistemas, es posible describir las propiedades y la dinámica de un sistema y la relación entre su estado futuro y su estado actual por medio de un sistema de ecuaciones. Una de las características de esta disciplina es el uso de software para realizar simulaciones, lo que ofrece la posibilidad de estudiar el comportamiento y las consecuencias de las múltiples interacciones de los elementos de un sistema a través del tiempo; esto la hace muy útil para el estudio de fenómenos sociales ya que en ellos están implicados una gran cantidad de elementos e interrelaciones que determinan el comportamiento y dificultan una solución analítica. Es por ello que podemos decir que los modelos de dinámica de sistemas permiten estudiar cómo las políticas, decisiones, estructura y retrasos influyen en el crecimiento y la estabilidad de un sistema.

### 3.1 Metodología de Dinámica de Sistemas

Dinámica de sistemas tiene muchas aplicaciones desde los negocios hasta la ingeniería, la economía y la ciencia. El término dinámica se refiere al sistema donde las variables están constantemente cambiando. Las relaciones y conexiones entre los componentes son llamados estructuras del sistema y los caminos de esos sistemas cambian definiendo el comportamiento del sistema (Sterman, 2000). Inicialmente los diagramas de lazo causal permiten comprender el funcionamiento de la dinámica del sistema a partir del planteamiento entre las causas y efectos entre variables relevantes que definen la estructura del sistema. El objetivo básico de la Dinámica de Sistemas es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema. Esto implica aumentar el conocimiento sobre el papel de cada elemento del sistema, y ver como diferentes acciones efectuadas sobre partes del sistema acentúan o atenúan las tendencias de comportamiento implícitas en el mismo.

A través de los años, los dos más grandes autores que han estudiado Dinámica de Sistemas son Forrester y Sterman. Forrester plantea que el mundo es un conjunto de sistemas, de los cuales la mayoría son de tal simplicidad que son de fácil entendimiento para el ser humano. Sin embargo, los problemas sociales son sistemas con gran cantidad de variables, lo que los hace altamente complicados. Por su parte, Sterman (2000) plantea que el proceso de construcción de un modelo basado en la Dinámica de Sistemas, es inherente a la creatividad humana, y no es posible construir una “receta” que garantice la obtención de un modelo perfectamente apropiado al problema de análisis; es más, cada modelador puede tener la suya propia. Sin embargo, Sterman presenta una serie de actividades que determina como obligatorias en el proceso de modelación y en el orden que él las plantea (Ver Ilustración 27). Este proceso es presentado como dinámico, en el cual todas las etapas están relacionadas y en el que se encuentran procesos de retroalimentación constante entre ellas. Es decir, que los resultados obtenidos en cualquiera de los pasos pueden servir de retroalimentación para plantear revisiones en pasos anteriores, lo que implica que el modelo nunca estará totalmente terminado. En nuestro caso utilizaremos la Metodología de este último.

Ilustración 27 Proceso de Modelación en Dinámica de Sistemas.



Fuente: Adaptado de Sterman (2000).

Por otra parte, no se puede dejar de mencionar que la simulación en sistemas informáticos es de gran aplicación en ingeniería, en ellas se puede observar características, propiedades, relaciones de los elementos del sistema y sus impacto en el mismo. Así mismo, son herramientas de modelación de gran apoyo que ofrecen una flexibilidad virtual del mundo donde podemos crear cosas inimaginables. Los modelos de simulación en computadora implican variables físicas consideradas como stocks y flujos, tanto como las ecuaciones para todas las relaciones entre variables para tener un sistema de ecuaciones lineales y no lineales. Como se mencionó anteriormente, Dinámica de Sistemas nos permite simular los posibles escenarios que puede tener nuestro sistema en comparación de otros métodos tradicionales de modelización.

En Dinámica de Sistemas los parámetros se calculan con un grado de aproximación tal que permita que el modelo cumpla su propósito. De igual forma, las variables o elementos que conforman el sistema nos permiten conocer cuáles son los puntos clave en los cuales debemos poner atención para llevar nuestro sistema al estado deseado. Es decir, el propósito es modificar el estado del sistema porque existe un problema que estamos analizando. Por este motivo la historia pasada sólo es un punto de referencia ya que no existe historia para el nuevo sistema que vamos a diseñar como transformación del anterior. Se puede partir de unos valores aproximados a fin de obtener una primera idea

del comportamiento del modelo. Después, mediante los análisis de sensibilidad se podrá identificar el relativamente pequeño conjunto de parámetros cuyos valores alteran significativamente el comportamiento del modelo o las respuestas del mismo a diferentes políticas. De esta forma, descubriremos aquellos parámetros que conviene calcular de un modo más exacto. Por lo anteriormente expuesto, Dinámica de sistemas a través de la simulación nos permite realizar dichos análisis; para ello se utilizan diferentes softwares que no requieren conocimientos informáticos para su utilización y que se adaptan bastante bien a las necesidades de los usuarios, entre los más utilizados se encuentran Anylogic, Dynamo, Ithink, Powersim, Stella y Vensim.

La característica dinámica de la cadena de suministro afecta su eficiencia de gestión, por lo que comparado con otras herramientas de análisis, la simulación en softwares son de gran ayuda en sistemas de cadena de suministro dinámica. En el presente trabajo de investigación se utilizó Dinámica de sistemas en Anylogic, este software es una herramienta de simulación que permite modelar tres formas de simulación: dinámica de sistemas, eventos discretos y modelación basada en agentes. Anylogic es una herramienta de simulación que soporta sistemas dinámicos y es ampliamente usada en estudios de cadena de suministro.

A través de la modelación en Anylogic podemos empezar a explorar y entender la estructura y comportamiento de nuestro sistema, experimentar cómo se comportará bajo una variedad de condiciones, jugar y comparar escenarios y optimizarlos. Después de que encontremos nuestra solución, nosotros podemos aplicarlo al mundo real. Cabe resaltar que la versión utilizada fue la 8.0.5 para estudiante, en donde se encuentran librerías como procesos, transeúntes, ferroviaria, tráfico, fluido, dinámica de sistemas, agentes, presentación, mercado espacial, análisis, controles, diagrama de estado, diagrama de acción, conectividad, imagen y objetos 3D. En nuestro caso se utilizaron las librerías de dinámica de sistemas y agentes. En lo que se refiere a dinámica de sistemas se utilizaron stocks, flujos, variables, vínculos, parámetros y función tabla; y por lo que se refiere a agentes se utilizó función para relacionarla con la función tabla.

### **3.1.1 Articulación del problema**

A través de los años, LA EMPRESA ha implementado diversas estrategias con la intención de mejorar los resultados operativos y financieros que le permitan un crecimiento. Sin embargo, aunque algunas veces ha cumplido los objetivos requeridos, están lejos de ser las mejores prácticas y lo más benéfico para la organización. Cuando se muestran los resultados se ha dejado de lado el costo financiero al cuál se cumplieron, por lo que es de suma importancia medir permanente los indicadores sobre los cuales se rige y aquellas variables sobre las que se lograron dichos objetivos. Para ello en este proyecto de investigación se analizó, se cuantificó y se simuló las variables que consideramos de mayor relevancia para lograr dichos indicadores que requiere LA EMPRESA.

A través de una investigación con las áreas involucradas se identificaron que los principales problemas son relacionados a la gestión de la cadena de suministro, toda vez que como se mencionó y se enumeraron en el capítulo 2 son ocasionados principalmente por falta de flujo de información y de producto. Es por ello que el objetivo principal del presente trabajo de investigación es mejorar la gestión de la cadena de suministro para erradicar dichos males, permitiendo un mejor flujo de información y de producto, disminuir costos y gastos innecesarios dando como resultado un mejor desempeño operativo y a su vez mejores resultados financieros. Se propone entonces, la construcción de un Modelo de Simulación de Dinámica de Sistemas para mejorar la gestión de la cadena de suministro en términos de EBITDA en 6.6% garantizando un ROI de 4% y llevar el servicio al cliente a un nivel superior al 95% a lo largo de un ejercicio fiscal.

### **3.1.2 Formulación de hipótesis dinámica**

De acuerdo con Zhang et al. (2012), en cadenas de suministro tradicionales se realiza un pronóstico de ventas basándose en una fuente de información de demanda desde las empresas que integran el downstream. Y después, de acuerdo a las condiciones de inventario, cada nodo en la cadena de suministro toma las decisiones de inventario, las decisiones de pedido y las decisiones de producción de forma independiente. Sin



embargo, con la globalización económica y el rápido desarrollo de la tecnología de la información, la competencia de marketing se está intensificando. La demanda del cliente manifiesta la característica personalizada y diversificada, y el ciclo de vida del producto se acorta. Por lo tanto, las empresas manufactureras tienen que responder rápidamente a los cambios en la demanda incierta del mercado, mantener el bajo costo, respuesta rápida a la demanda del cliente y satisfacer la demanda de los clientes son factores clave para determinar el éxito o el fracaso de un negocio de la empresa. Por lo que la cadena de suministro tradicional se ha vuelto muy lenta para responder a los cambios en el mercado y el control del costo del producto. Debido a lo antes expuesto, se puede plantear la primera hipótesis ¿Una correcta gestión de la cadena de suministro ayuda a las organizaciones a alcanzar los objetivos planteados?.

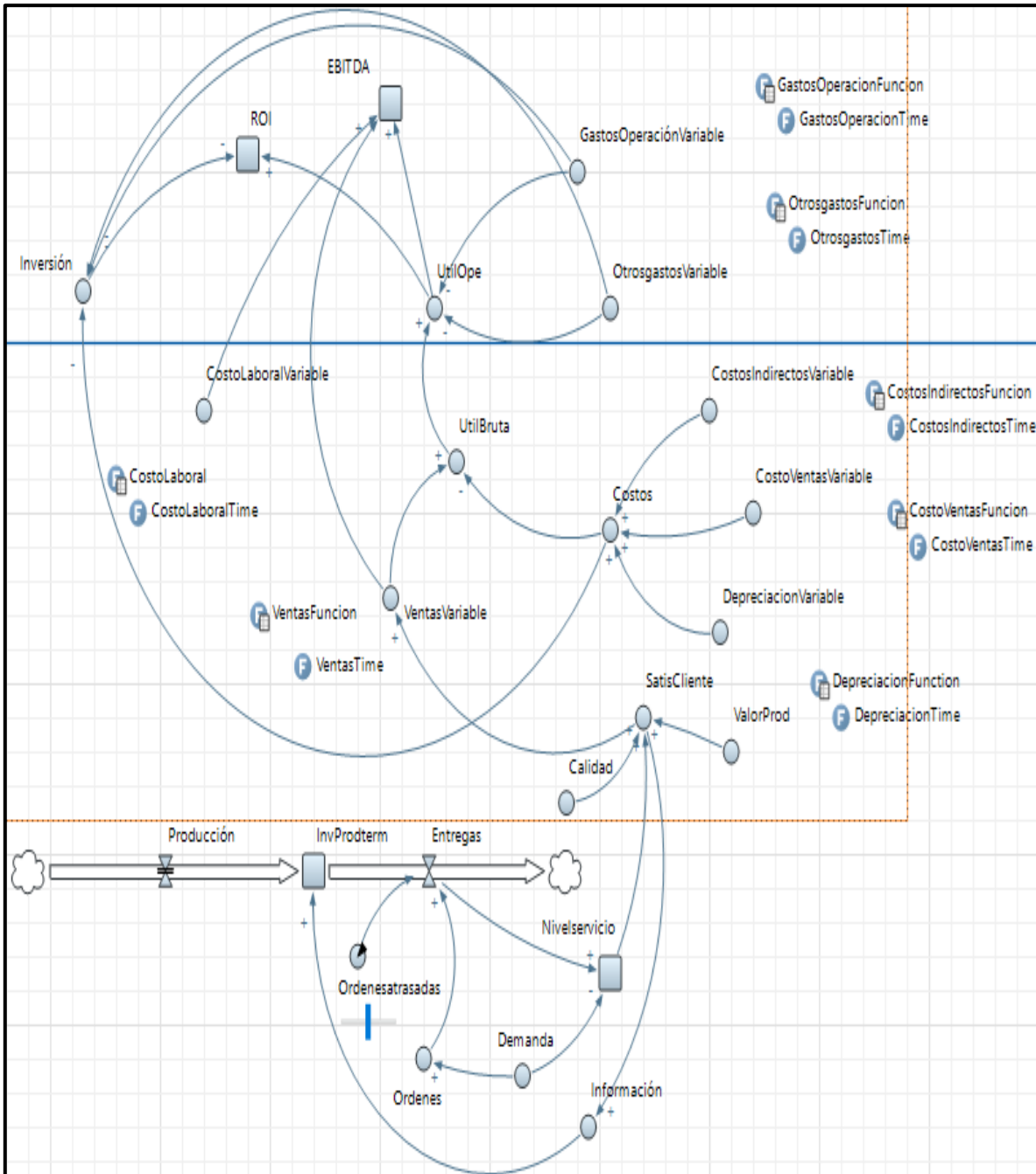
Por otra parte, es de suma importancia conocer los elementos que integran el sistema de la compañía para de esta forma saber su funcionamiento, por lo que el resultado debe ser una primera percepción de los "elementos" que tienen relación con el problema planteado, las hipotéticas relaciones existentes entre ellos, y su comportamiento histórico. Una vez definido el problema se identificó que hay muchos aspectos, o elementos, relacionados con el mismo, directa o indirectamente, y a la vez relacionados entre sí, de forma no necesariamente clara y transparente, formando el sistema. Por tal motivo, una de las herramientas utilizadas en el presente trabajo de investigación fue la Matriz de Criterios misma que es una herramienta muy sencilla para ordenar las ideas, con frecuencia confusas al inicio de cualquier estudio y que nos permitió seleccionar con facilidad los elementos y las relaciones que existen entre ellos para de esta forma acotar nuestro sistema a los elementos esenciales que influyen sobre el mismo. Para esta evaluación se elaboró una tabla donde en los renglones y las columnas se anotaron los elementos del sistema y cuando cumplía una relación entre ellos se anotaba en la celda una cruz (+) y si sólo cumplía parcialmente se anotaba en la celda una raya (-), en caso de que no existiera relación entre los elementos se dejaba en blanco (Ver Anexo 1). Por lo tanto esto nos llevó al planteamiento de nuestra segunda hipótesis, ¿Son los elementos necesarios para alcanzar los indicadores requeridos por LA EMPRESA?

Después de identificar los elementos que tienen relación con nuestro problema a resolver y que permitieron en principio explicar el comportamiento observado junto con las relaciones entre ellos en muchos casos de retroalimentación, se construyó el Diagrama de Lazo Causal o Diagramas de Influencia que representan la relación causal entre la

identificación de variables, las cuales ayudaron a definir la hipótesis causal preliminar para simplificar la representación del modelo (Ver Ilustración 29). En este diagrama, las diferentes relaciones están representadas por flechas entre las variables afectadas por ellas. Se parte del hecho de que LA EMPRESA recibe cierto número de ordenes las cuales debe producir y entregar, por lo que al paso del tiempo generará un inventario de producto terminado y en dado caso habrá ordenes atrasadas las cuales afectarán el nivel de servicio. Sin embargo, entre mayor sea el nivel de servicio mayor será la satisfacción del cliente por lo que el cliente se integrará más en la cadena de suministro a través de un mayor flujo de información, lo que a su vez permitirá menores costos y gastos.

Asimismo, una mayor satisfacción del cliente generará mayores ventas por tal motivo la compañía tendrá mayores costos y gastos. Sin embargo, aunque existirán mayores costos y gastos, se supone que habrá mayores utilidades al tener un mayor número de ventas por lo tanto el EBITDA será mayor. Por otra parte a mayores utilidades hay mayor inversión por lo que el ROI se incrementará. En este sentido, la hipótesis dinámica propuesta es ¿la parte operativa afecta el desempeño financiero por lo tanto el logro de los indicadores de desempeño?. Además, a mayor venta existen mayores costos y gastos por lo que no significa que si vendes más sin importar el costo al que lo hagas obtendrás mayores utilidades. Por otra parte, es importante que el cliente este completamente satisfecho para que se integre a la cadena de suministro y proporcione mayor información que permitan disminuir los costos y por lo tanto tener un mejor desempeño financiero.

Ilustración 28 Diagrama de lazo causal.



Fuente: Elaboración propia (2017).

### 3.1.2.1 Modelo Dupont

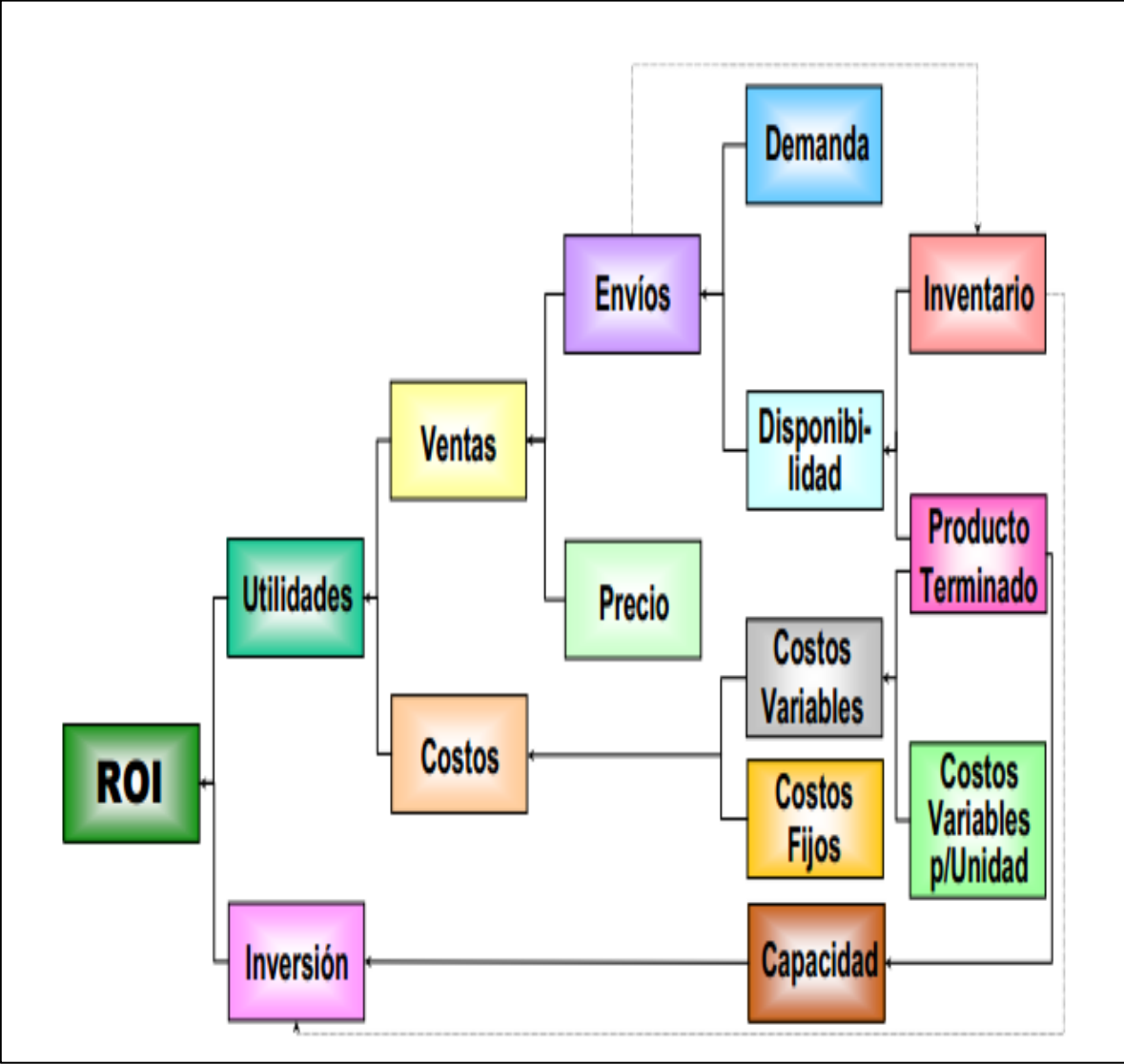
Mejorar el desempeño de la cadena de suministro es un proceso continuo que requiere tanto de un sistema de medición de desempeño analítico como de un mecanismo para iniciar pasos para alcanzar metas de KPI's, los cuales conectan la planificación con la ejecución. Para medir el desempeño de las cadenas de suministro, hay un conjunto de variables que capturan el trabajo actual de la cadena de suministro en ingresos y costos del sistema en su conjunto. Estas variables como motores del desempeño de la cadena de suministro son siempre derivadas de las prácticas de gestión de la cadena de suministro. Muchas métricas usadas en evaluación de desempeño de cadena de suministro han sido diseñadas para medir desempeño operacional, evaluar la eficiencia mejorada y examinar la alineación estratégica de toda la gestión de la cadena de suministro.

En nuestro caso como se mencionó en el objetivo general nuestro modelo está basado en incrementar el ROI, EBITDA y nivel de servicio. Por lo cual, en lo que se refiere a indicadores financieros el modelo conceptual está basado en el modelo Dupont ya que es una técnica que se puede utilizar para analizar la rentabilidad de una compañía. El modelo Dupont es una de las razones financieras de rentabilidad más importantes en el análisis del desempeño económico y operativo de una empresa. El sistema Dupont integra o combina los principales indicadores financieros con el fin de determinar la eficiencia con que la empresa está utilizando sus activos, su capital de trabajo. Una de las razones principales de basar el modelo conceptual en el modelo Dupont es que este reúne el margen neto de utilidades, la rotación de los activos totales de la empresa y su apalancamiento financiero, siendo estas tres variables las responsables del crecimiento económico de una empresa, la cual obtiene sus recursos o bien de un buen margen de utilidades en las ventas o de un uso eficiente de sus activos.

Por tal motivo, como el objetivo de la administración financiera es la maximización de utilidades, un análisis estructurado como el modelo DuPont ayudará a medir qué tan efectivamente se han logrado esos objetivos financieros, nos permitirá ajustar las variables que están desestabilizando el sistema y soportará las correlaciones que existen en las variables del mismo (Ver Ilustración 29). Para poder ajustar las variables de tal

forma que nos permitan llevar a nuestro sistema al logro de los objetivos planteados analizaremos las variables por medio de escenarios que nos permitan determinar de qué manera contribuyen o afectan los costos indirectos, costos de ventas, depreciación o gastos de operación en los objetivos planteados.

Ilustración 29 Modelo Dupont.



Fuente: Tesis Del Moral (2015).

### 3.1.3 Formulación del Modelo de Simulación

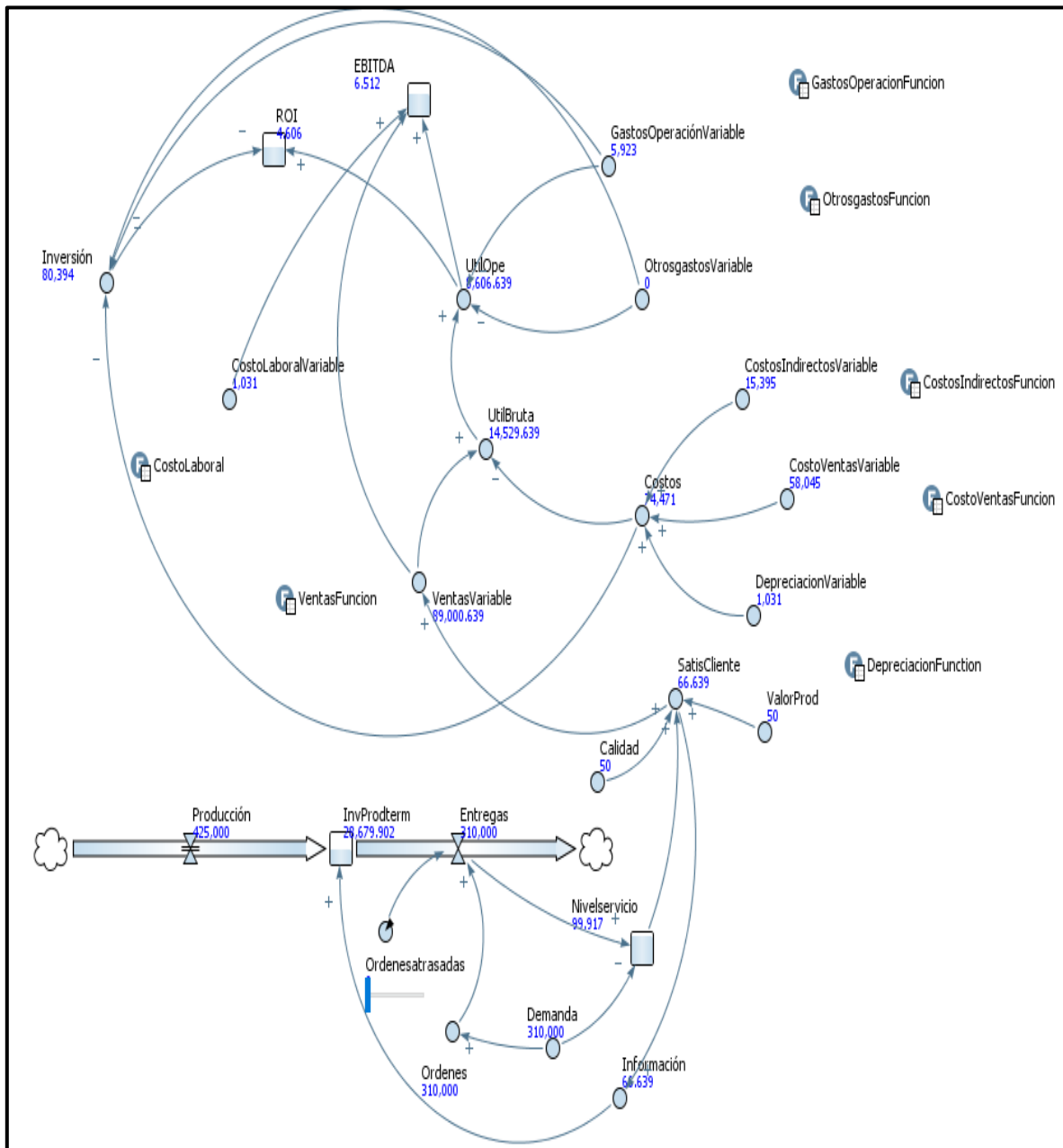
Al contrario de lo que muchos creen, el proceso de modelado no comienza con los datos, recoger datos a la ligera sin un modelo claro no generan ni más comprensión ni mayor claridad, simplemente aumenta la confusión general. Cualquier investigación comienza con una especificación del problema lo cual ayuda a comprender el propio problema. Este es “el modelo”, la imagen mental de cómo se debe entender el problema. Es decir, no hay modelos erróneos y si algo no funciona, la causa se debe a una especificación incorrecta. Después de construir el modelo podemos probarlo y ponerlo en cuestión, es entonces cuando aparecerá una necesidad específica de datos; y no todos los datos son necesarios sólo aquellos que sean relevantes para el problema, el resto deben separarse. De los resultados de las pruebas se aprende lo que ayuda a reajustar y dar valor al modelo mental sobre el problema. El desarrollo del modelo requiere la repetición de este ciclo varias veces y continuará mientras existan datos suficientes o literatura para validar del modelo. De esta manera la comunicación del modelo es más eficaz, tanto para el usuario como para el modelador. Además, permite mostrar tanto el éxito como los problemas encontrados.

En los modelos de Dinámica de sistemas, los stocks pueden ser calculados con la integración de sus flujos, por lo que son los que se definen primero, posteriormente los flujos y al final las variables. De acuerdo con Egilmez and Tatari (2012) los stocks y los flujos son la representación algebraica del modelo basado en Diagramas de lazo causal. Por su parte Morecroft (2015) menciona que los stocks representan acumulaciones dentro del sistema y pueden ser cambiados debido a la acción de los flujos. En nuestro modelo los stocks son los indicadores de nuestro objetivo el cual es mejorar la gestión de la cadena de suministro en términos de EBITDA en 6.6% garantizando un ROI de 4% y llevar el servicio al cliente a un nivel superior al 95%, y son la base sobre la que se realizó el modelo de simulación (Ver Ilustración 30).

Los Diagramas de lazo causal son la base sobre la cual el modelo de dinámica de sistemas es construido; ellos representan, gráficamente las interacciones y las relaciones causa-efecto entre los diferentes parámetros del sistema (Mohammed G. Sayed, 2014). Como se mencionó anteriormente, los stocks principales son ROI, EBITDA y Nivel de Servicio. Debido a que dos de los tres stocks que se pretenden mejorar son financieros,

primeramente se establecieron los elementos que se relacionan con el indicador no financiero ya que estos repercuten en los financieros.

Ilustración 30 Modelo de Simulación.



Fuente: Elaboración propia (2017).

De acuerdo con Carlo Rafele & Ana Corinna (2006), el nivel de servicio es una medida de como una compañía es capaz de cumplir los requerimientos de los clientes; es definido como la diferencia entre el número de órdenes cumplidas en un periodo y el total de número de órdenes potencialmente cumplidas en dicho periodo. Para nuestro caso, primeramente se identificaron todos los elementos que afectan al nivel de servicio y que de acuerdo a la investigación tienen afectación a dicha medida de desempeño. Como sabemos en orden de garantizar el nivel de entregas se requiere contar con suficiente inventario y producción para cumplir la demanda del cliente por lo que nuestro modelo parte desde esta premisa. Para ello se obtuvieron datos reales correspondientes al año 2016 de LA EMPRESA. Primeramente se estableció la cifra promedio de piezas producidas por mes siendo la cantidad de 425,000.00 piezas, y en lo referente a inventario de producto inicial se declaró un valor inicial de cero piezas. En la red de cadena de suministro, la empresa adopta una lógica de demanda pull para satisfacer la demanda del mercado y de esta forma mejorar su gestión de inventarios (materia prima, semiterminado, en tránsito y de producto final). La demanda del producto es definida por el pronóstico de la demanda total del mercado siendo un total de 310,000.00 piezas solicitadas por mes. Aunado a esto, hay órdenes atrasadas que deben ser cumplidas por lo que se deben contemplar en la producción, teniendo por consecuencia mayores entregas y menor inventario de producto terminado. Por lo tanto, nuestro stock de nivel de servicio está determinado por la diferencia entre el número de entregas y el número de órdenes, resultando la ecuación siguiente:

**Ec. (1)**

$$\text{Nivel de Servicio} = ((\text{Entregas}/\text{Demanda}) * 100) / 12$$

El nivel de servicio determina el grado de satisfacción del cliente, junto con el valor que le da el producto y la calidad del mismo. Por tal motivo, entre mayor sea el nivel de servicio mayor será el grado de satisfacción del cliente y esto determinará el grado de integración que esté dispuesto a desempeñar el cliente en la cadena. Es por ello, que desde nuestra perspectiva una mayor satisfacción del cliente propiciará un mejor flujo de información que a su vez permitirá mayor visibilidad para mejorar la cadena de suministro, y por consecuencia una mejor gestión de la misma. Usando esa misma lógica, determinamos que al existir una buena satisfacción del cliente habrá más ventas; por lo tanto, mayores



costos. Como se mencionó anteriormente, la base de las relaciones de los indicadores de desempeño financiero es el Modelo Dupont, toda vez que dicho modelo se explicó anteriormente sólo se explicaran las relaciones de las variables y su impacto en dichos indicadores. Es importante mencionar que a dicho Modelo se le adicionaron variables que LA EMPRESA toma en cuenta para determinarlos. Uno de ellos es el costo mismo que está conformado por la suma del costo de ventas, costos indirectos y de depreciación. La diferencia entre costos y ventas da como resultado la utilidad bruta; y esta a su vez menos gastos de operación y otros gastos nos da la utilidad de operación. Una vez obtenida la utilidad de operación podemos obtener nuestro segundo indicador a través de la siguiente ecuación:

### **Ec. (2)**

$$\text{EBITDA} = (((\text{Utilidad de operación} + \text{Costo laboral}) / \text{Ventas}) / 12) * 100$$

Por último, para obtener el ROI debemos conocer la inversión la cual sumando costos + gastos de operación + otros gastos, posteriormente usamos la siguiente ecuación:

### **Ec. (3)**

$$\text{ROI} = ((\text{Utilidad de Operación} / \text{Inversión}) / 12) * 100$$

Es importante señalar que para elaborar el modelo de simulación se ingresaron valores reales mismos que fueron obtenidos del Balance General y del Estado de Resultados de LA EMPRESA del ejercicio 2016. Para ello se ingresó la función de tabla donde se describieron los valores mensuales de ciertas variables tales como ventas, costos, gastos, etc. para calibrar el modelo (Ver Tabla 2). Acto seguido se asoció tabla de función a función a través de **return CostoVentasFuncion (getMonth());** y está a su vez se asoció a la variable. Por medio de estas asociaciones se cargaron los valores reales para calibrar el modelo de simulación dando como resultado simular la realidad de LA EMPRESA (Ver Ilustración 30).

Tabla 2 Valores del Estado de Resultados del ejercicio 2016.

\*Cifras en miles de pesos

Variable	Ventas	Depreciación	Costo de Ventas	Costos Indirectos	Gastos de Operación	Otros gastos	Costo laboral
Enero	53,174	1,628	35,094	13,344	7,911	- 36	1854
Febrero	63,237	1,651	43,812	13,056	5,473	- 7	1877
Marzo	66,860	1,645	41,921	13,463	6,493	62	1871
Abril	61,998	1,645	40,986	13,445	6,281	-	1871
Mayo	62,749	1,645	39,679	12,937	5,355	-	1871
Junio	65,793	1,662	41,190	12,718	5,958	184	1889
Julio	59,151	1,661	36,195	13,299	5,471	- 40	1887
Agosto	68,394	975	46,085	12,668	5,059	- 47	1202
Septiembre	75,842	1,001	49,822	13,044	5,537	- 20	1228
Octubre	62,544	1,001	39,003	12,828	5,230	- 39	1228
Noviembre	68,481	1,013	42,606	13,732	4,811	13	282
Diciembre	88,934	1,031	58,045	15,395	5,923	-	1031

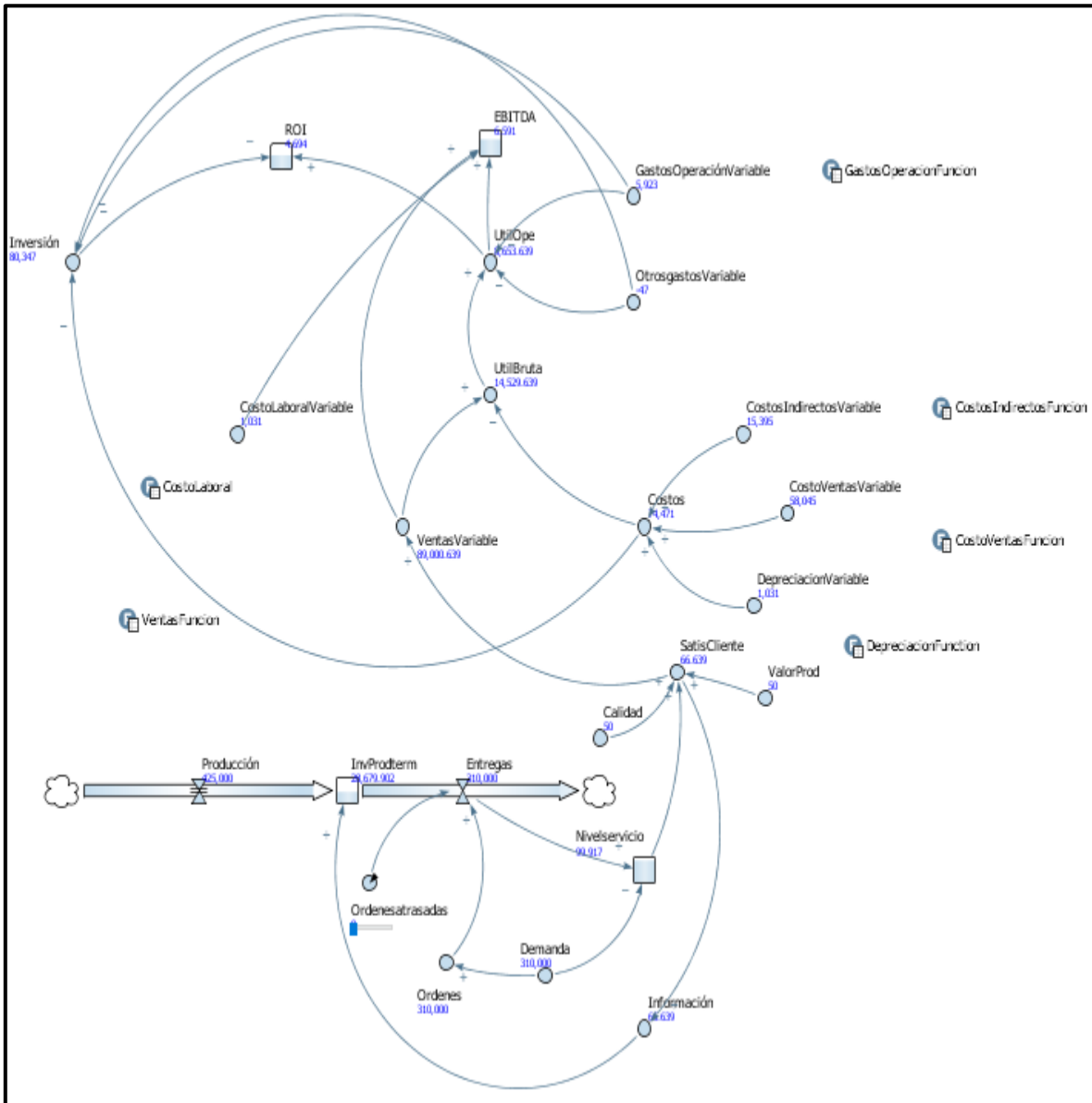
Fuente: Elaboración propia (2017)

### 3.1.4 Pruebas

#### 3.1.4.1 Análisis de sensibilidad

Durante la prueba del modelo, y considerando que se desarrollaron distintos modos de referencia para predecir el comportamiento de variables en relación al logro de los indicadores operativos y financieros requeridos por la empresa, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad. Para ello se tomaron los valores mínimo y máximo de la variable “**Otros gastos**” para así poder determinar cambios potenciales y sobretodo coherentes con la realidad. En la primera corrida se utilizó el valor mínimo de otros gastos del año 2016 obteniéndose el siguiente resultado (Ver Ilustración 31):

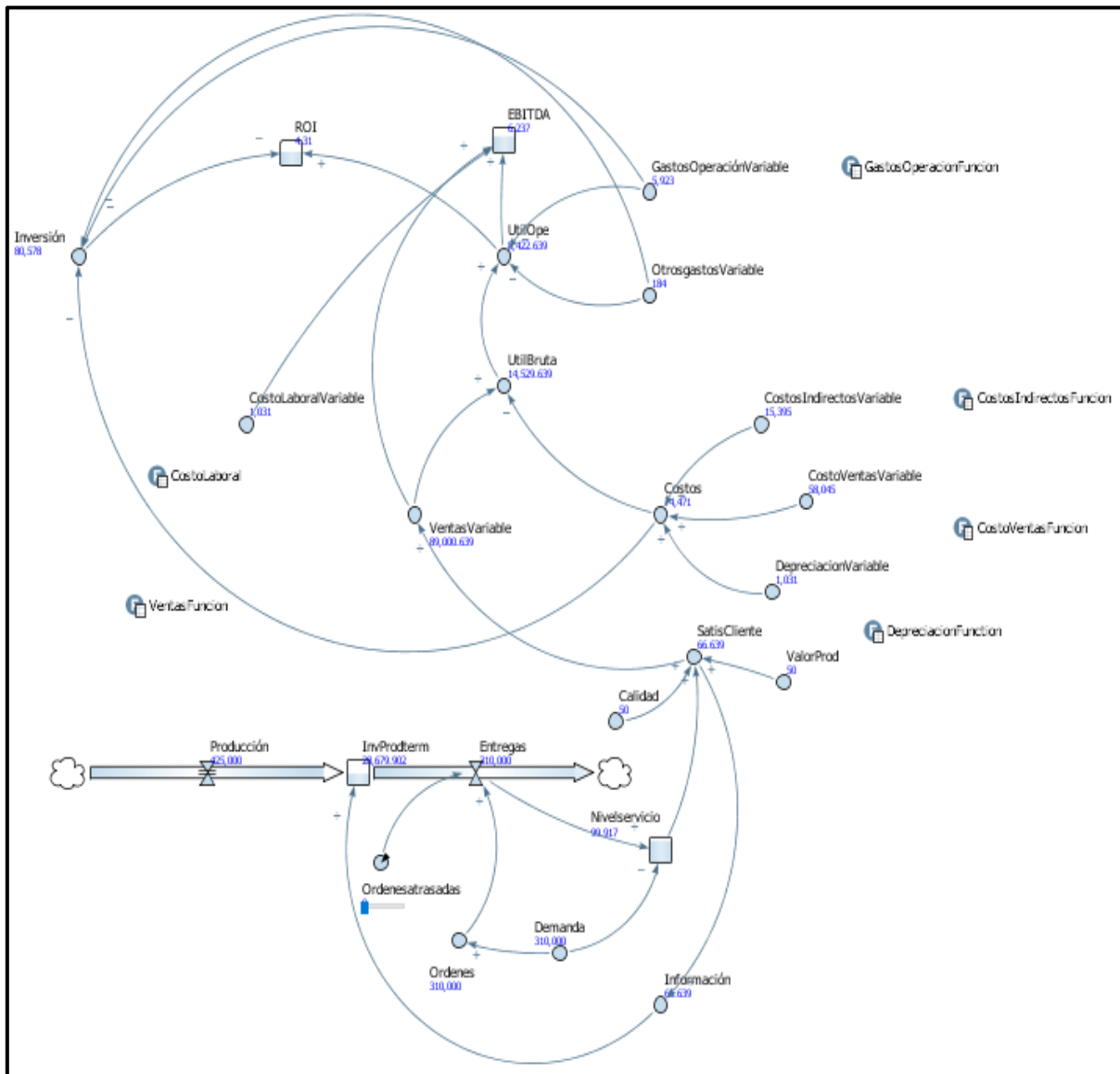
Ilustración 31 Modelo de simulación utilizando valor mínimo de la variable otros gastos.



Fuente: Elaboración propia (2017).

Para la segunda corrida se utilizó el valor máximo de esa misma variable obteniéndose lo siguiente (Ver Ilustración 32):

Ilustración 32 Modelo de simulación utilizando valor máximo de la variable otros gastos.

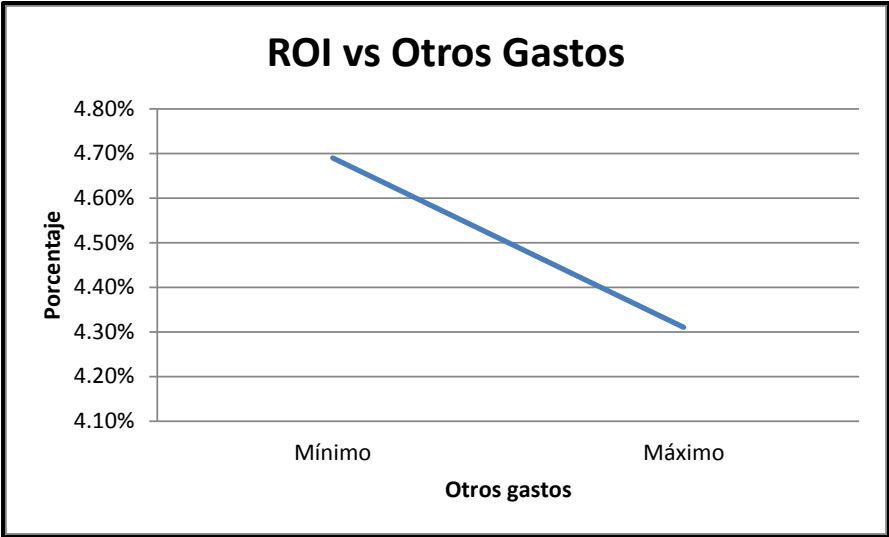


Fuente: Elaboración propia (2017).

Lo que pudo inferirse es que el valor mínimo o máximo de la variable “Otros gastos” se comportaba correctamente y no derivaba en cambios abruptos de los puntos de interés. Al comparar los resultados podemos identificar que cuándo se utiliza el valor tanto mínimo como máximo tienen una fuerte relación con los indicadores financieros toda vez que a menores gastos se tiene un mayor EBITDA y ROI, y a mayores gastos sucede todo lo contrario, los indicadores financieros disminuyen (Ver Ilustración 33 y 34). Es importante señalar que con el nivel de servicio no tienen relación directa ya que los gastos son

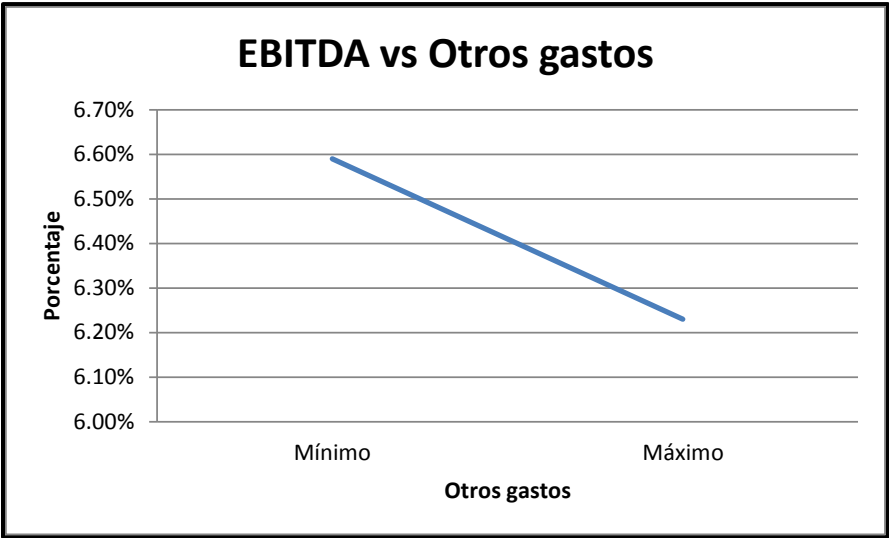
repercusión de la operación, por lo que el Nivel de Servicio se mantiene estable (Ver Ilustración 35). Por lo tanto, si esta variable se ajustará como parte de la reforma y construcción de políticas exitosas por parte de LA EMPRESA ayudaría al logro de los objetivos planteados.

Ilustración 33 ROI vs Otros gastos.



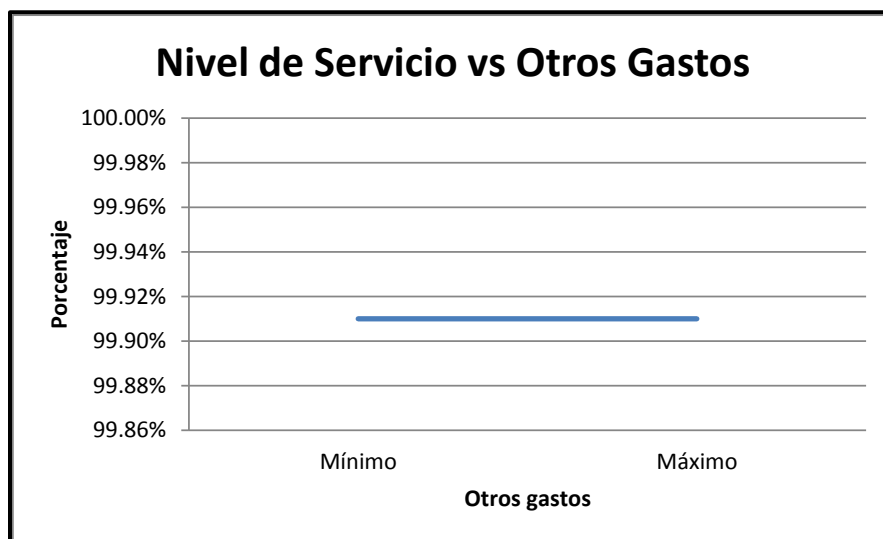
Fuente: Elaboración propia (2017).

Ilustración 34 EBITDA vs Otros gastos.



Fuente: Elaboración propia (2017).

Ilustración 35 Nivel de Servicio vs Otros gastos.



Fuente: Elaboración propia (2017).

### 3.1.4.2 Diseño de experimentos

Como se mencionó anteriormente, el modelo de simulación se calibró a través de datos reales obtenidos del Estado de Resultados y Balance General. Y toda vez que LA EMPRESA tiene sus propias ecuaciones para obtener los indicadores estudiados se decidió respetar dichas fórmulas para lograr datos confiables. Para el diseño de experimentos, se identificaron los elementos a estudiar y sobre los cuales se puede intervenir fácilmente para lograr los objetivos deseados, así como sus valores mínimos y máximos durante 2016, siendo los siguientes (Tabla 3):

Tabla 3 Máximos y mínimos de las variables a experimentar.

Concepto	Mínimo	Máximo
Depreciación	975	1,662
Costo de Ventas	35,094	58,045
Costos Indirectos	12,668	15,395
Gastos de Operación	4,811	7,911

Fuente: Elaboración propia (2017).

Posteriormente, se diseñaron los experimentos en relación a los cuatro factores estudiados a través de combinaciones resultando un total de 16 experimentos. Para ello, se utilizó el 0 equivalente al mínimo de cada factor y 1 igual al máximo de cada uno. (Tabla 4).

*Tabla 4 Diseño de experimentos.*

Experimento	Depreciación	Costo de Ventas	Costos Indirectos	Gastos de Operación
1	0	0	0	0
2	0	0	0	1
3	0	0	1	1
4	0	0	1	0
5	0	1	0	0
6	0	1	0	1
7	0	1	1	0
8	0	1	1	1
9	1	0	0	0
10	1	0	0	1
11	1	0	1	0
12	1	0	1	1
13	1	1	0	0
14	1	1	0	1
15	1	1	1	0
16	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia (2017).

Después, se sustituyeron los valores por los mínimos y máximos de cada variable, siendo como se mencionó anteriormente cero igual al mínimo de cada factor y uno igual al máximo de cada uno, obteniéndose lo siguiente (Tabla 5).

Tabla 5 Diseño de experimentos con valores reales.

Experimento	Depreciación	Costo de Ventas	Costos Indirectos	Gastos de Operación
1	975	35,094	12,668	4,811
2	975	35,094	12,668	7,911
3	975	35,094	15,395	7,911
4	975	35,094	15,395	4,811
5	975	58,045	12,668	4,811
6	975	58,045	12,668	7,911
7	975	58,045	15,395	4,811
8	975	58,045	15,395	7,911
9	1,662	35,094	12,668	4,811
10	1,662	35,094	12,668	7,911
11	1,662	35,094	15,395	4,811
12	1,662	35,094	15,395	7,911
13	1,662	58,045	12,668	4,811
14	1,662	58,045	12,668	7,911
15	1,662	58,045	15,395	4,811
16	1,662	58,045	15,395	7,911

Fuente: Elaboración propia (2017).

Posteriormente, los valores antes mencionados se ingresaron en el modelo de simulación obteniéndose los resultados de la tabla de abajo (Ver tabla 6). Con lo cual se demuestra que dichas variables tienen fuerte injerencia en los indicadores financieros estudiados.



Tabla 6 Resultados de las corridas de simulación.

Experimento	ROI	EBITDA
1	23.50	20.24
2	16.75	15.49
3	11.39	11.31
4	17.52	16.06
5	- 13.51	-14.91
6	- 16.88	-19.66
7	- 16.49	-19.09
8	- 19.63	-23.84
9	21.94	19.19
10	15.35	14.44
11	16.11	15.01
12	10.12	10.26
13	- 14.28	-15.96
14	- 17.59	-20.71
15	- 17.20	-20.14
16	- 20.29	-24.89

Fuente: Elaboración propia (2017).

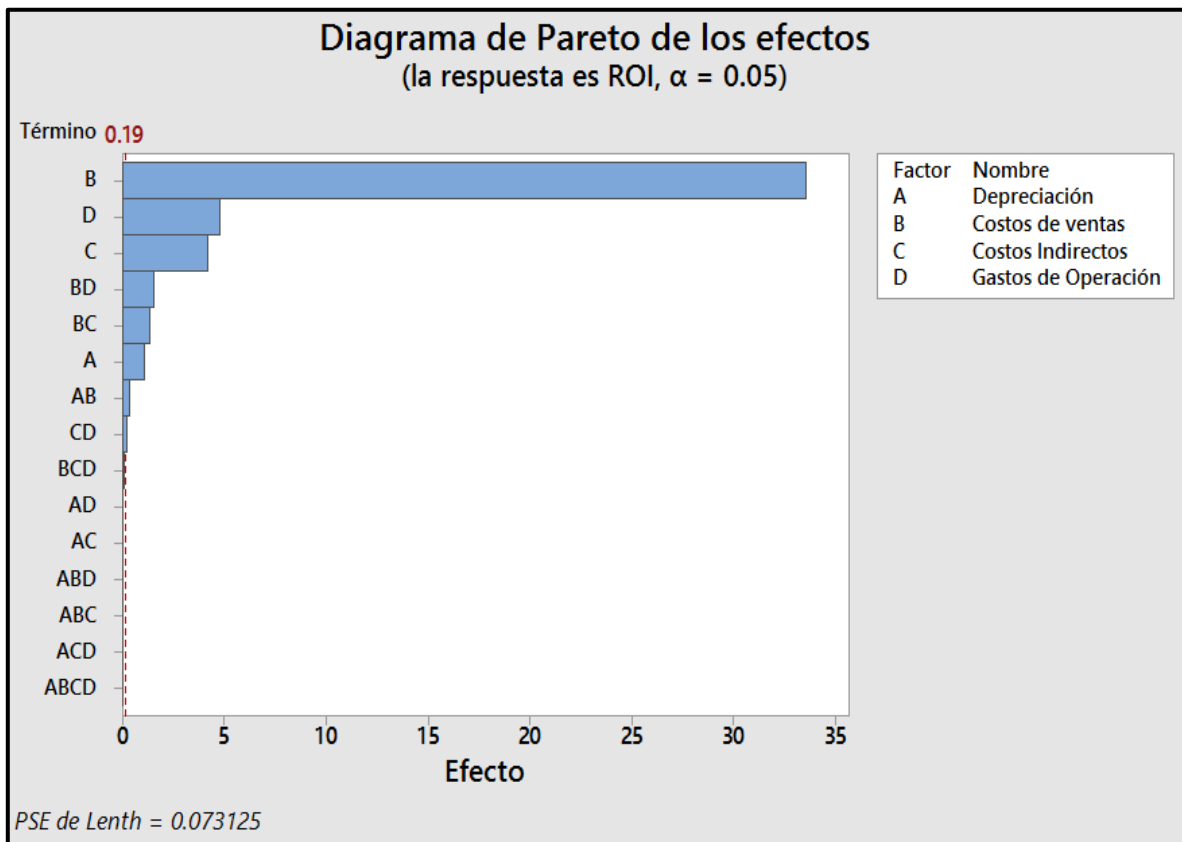
### 3.1.4.2.1 ROI

Una vez que se obtuvieron los resultados de ROI y EBITDA de las 16 corridas se procedió a ingresar la información al software Minitab 17 versión para estudiante a través del diseño de experimentos (DOE). Minitab es una herramienta estadística que se utiliza enormemente en la industria. Para ello como vimos anteriormente tenemos 4 factores y un mínimo y un máximo para cada una de ellas, por lo que estos valores son utilizados en busca de una respuesta óptima. Una vez ingresado los valores de los 4 factores, Minitab arroja el diseño factorial completo donde podemos identificar el número de factores, corridas, réplicas, etc. Posteriormente, se ingresaron los resultados de las 16 corridas de ROI y EBITDA de nuestro modelo de simulación. Después, se procedió a realizar el análisis diseño factorial donde se encontraron datos interesantes mismos que se muestran en las gráficas siguientes:

### **Pareto de los efectos para ROI**

Al realizar la gráfica de Pareto, se observó que todos los valores que sobresalen la línea roja comprometen nuestro resultado de ROI (Ver Ilustración 36) como son costo de ventas, gastos de operación, costos indirectos, la combinación de costo de ventas con gastos de operación, costo de ventas con costos indirectos, depreciación, depreciación con costo de ventas principalmente. Así mismo, Costo de Ventas es el factor que tiene mayor interacción con nuestra variable de salida por lo que se tiene que poner especial atención a esta variable.

*Ilustración 36 Diagrama de Pareto de los efectos para ROI.*

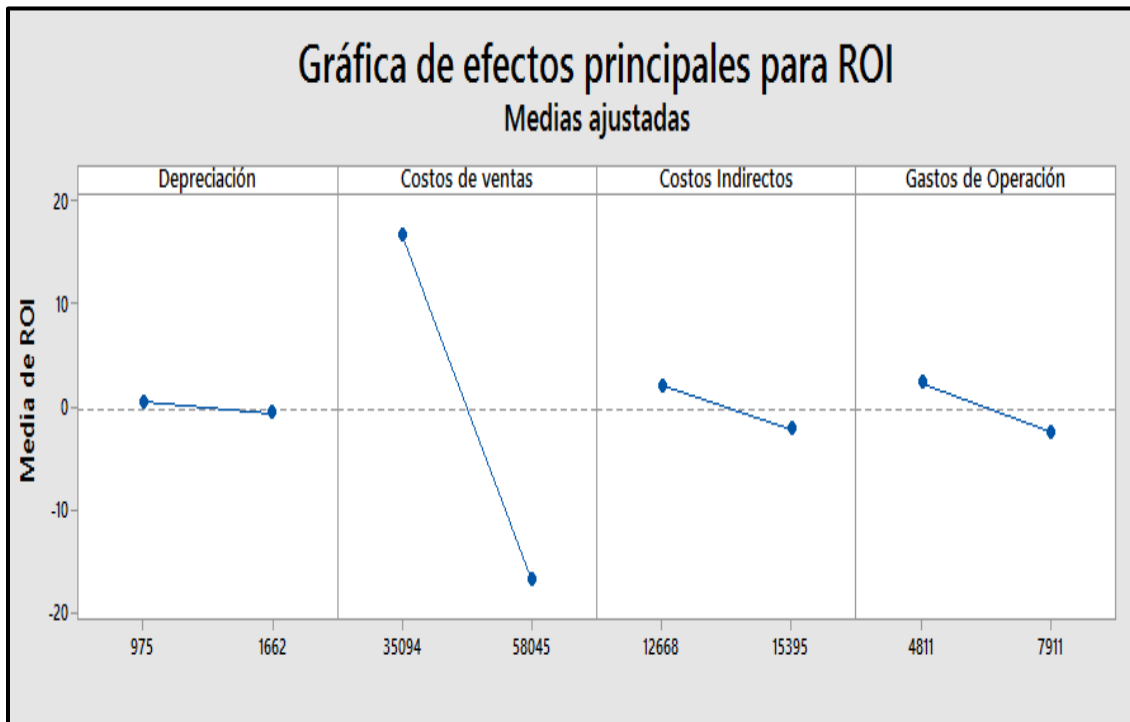


Fuente: Elaboración propia (2017).

## Gráfica de efectos principales para ROI

Como lo vimos en las gráficas anteriores, el costo de ventas tiene una relevancia significativa sobre el ROI, esto quiere decir que mi factor de costo de ventas está influyendo en el ROI, en otras palabras afecta enormemente el resultado del ROI, ya sea que a un valor mínimo de costo de ventas el ROI incremente o a un valor máximo del costo de ventas el ROI decrece. Por otra parte, podemos identificar que los otros tres factores, se mantienen en la media del ROI por lo que su comportamiento es normal respecto a este resultado y no afecta significativamente el valor (Ver Ilustración 37).

Ilustración 37 Gráfica de efectos principales para ROI.



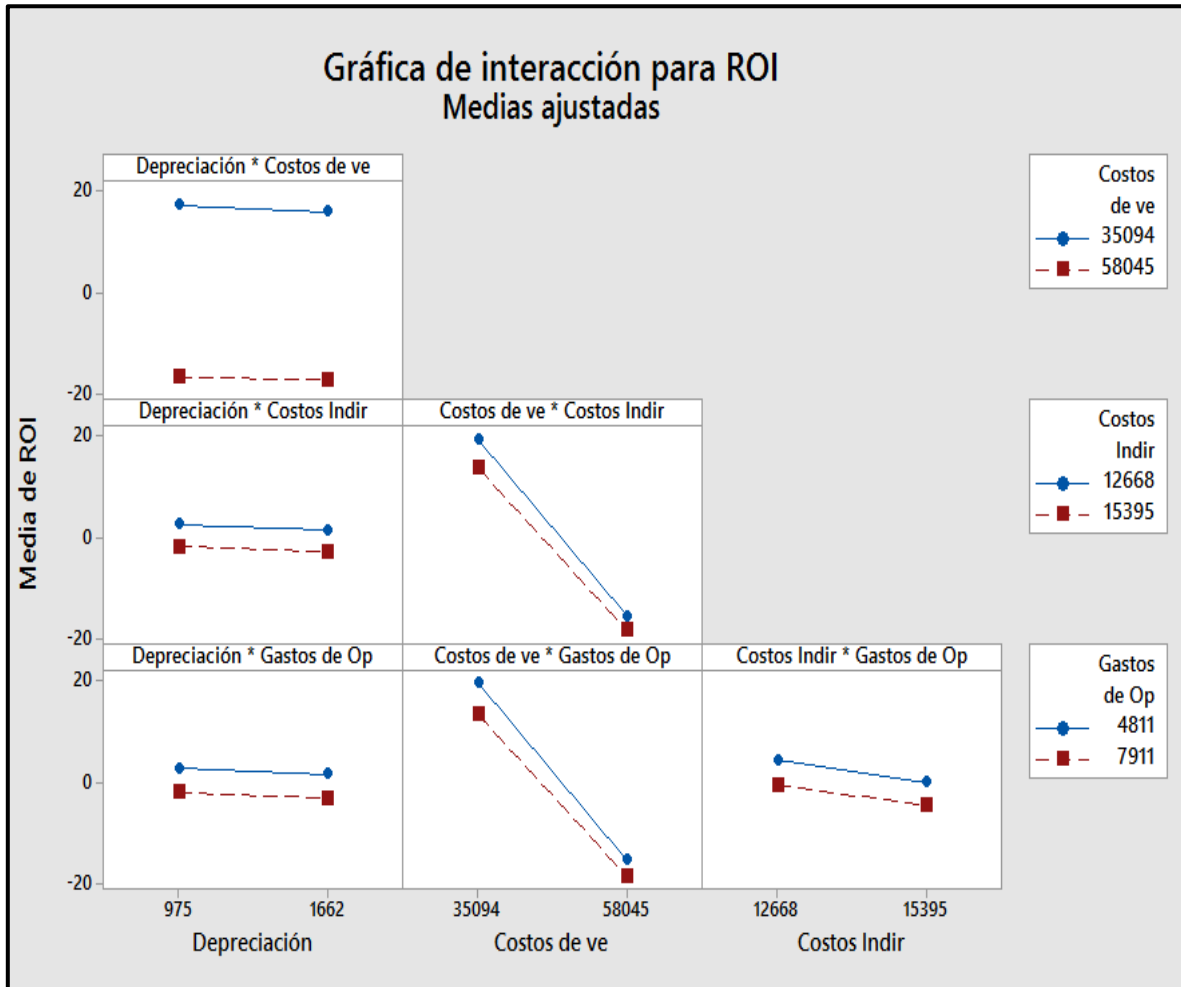
Fuente: Elaboración propia (2017).

## Gráfica de interacción para ROI

De igual forma, al momento de realizar la gráfica de interacción para ROI se distingue más claramente cómo se comporta el ROI respecto a estas variables. En ella podemos identificar que la combinación de depreciación con gastos de operación el ROI no sufre un gran cambio, manteniéndose estable. Es decir, que cuando tenemos un valor mínimo de depreciación y un valor máximo de gastos de operación el valor del ROI es muy similar a la combinación de un valor máximo de depreciación con un valor máximo de gastos de operación. De igual forma, sucede lo mismo cuando se combina el valor mínimo o el máximo de la depreciación con el valor mínimo de gastos de operación, el resultado de ambas combinaciones es muy similar. Asimismo, sucede con las combinaciones de depreciación con costos indirectos y costos indirectos con gastos de operación.

Por otro lado, encontramos todo lo contrario cuando la depreciación es baja y los costos de ventas son altos el ROI es muy bajo (-20), y cuando la depreciación y los costos de ventas son altos el ROI es similar a la anterior combinación. Asimismo, cuando la depreciación es baja o alta y el costo de ventas es mínimo el ROI es alto. Por lo tanto podemos aseverar que el costo de ventas es la variable que más afecta el resultado deseado. Por otra parte, cuando se combina el costo de ventas con los costos indirectos el resultado sufre un enorme cambio. A menor costo de ventas y menores costos indirectos el ROI aumenta a casi el 18%; todo lo contrario sucede cuando tanto costo de ventas y costos indirectos se encuentran al máximo el ROI disminuye a cerca de -20%. De igual forma la combinación de costo de ventas con gastos de operación sufre un movimiento similar, a menor costo de ventas y menor gasto de operación el ROI llega al 20%. Sin embargo, cuando el costo de ventas aumenta y los gastos de operación son menores el ROI está cerca del -20% (Ver Ilustración 38).

Ilustración 38 Gráfica de interacción para ROI.

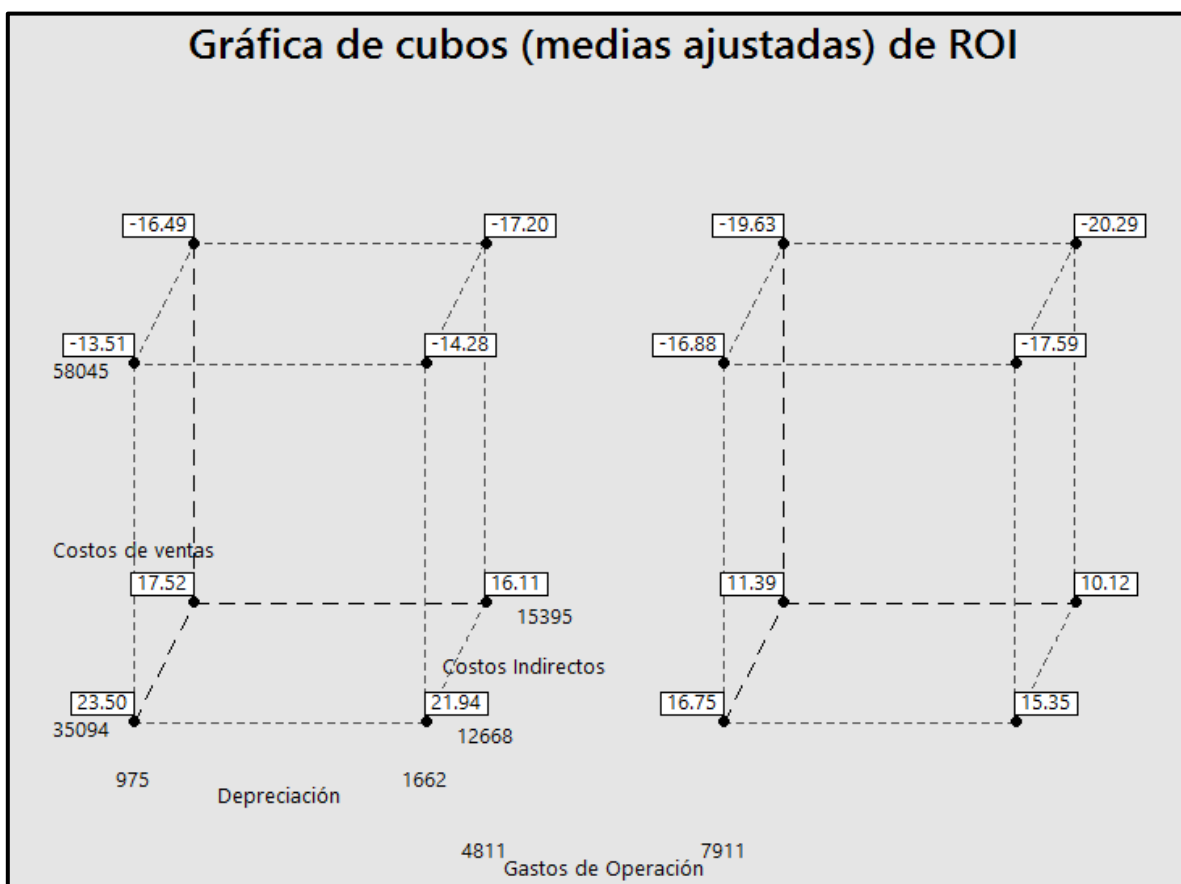


Fuente: Elaboración propia (2017).

### Gráfica de cubos (medias ajustadas) de ROI

De la misma forma, se realizó la gráfica de cubos donde se ilustra lo que hemos mencionado anteriormente, a mayores costos y gastos el ROI es menor, y cuando estos disminuyen el ROI aumenta (Ver Ilustración 39). Por lo tanto, es importante controlar tanto los costos de ventas como los gastos de operación, pero es prioritario enfatizar en el personal la importancia que juega el costo de ventas dentro de los objetivos planteados.

Ilustración 39 Gráfica de cubos (medias ajustadas) de ROI.



Fuente: Elaboración propia (2017).

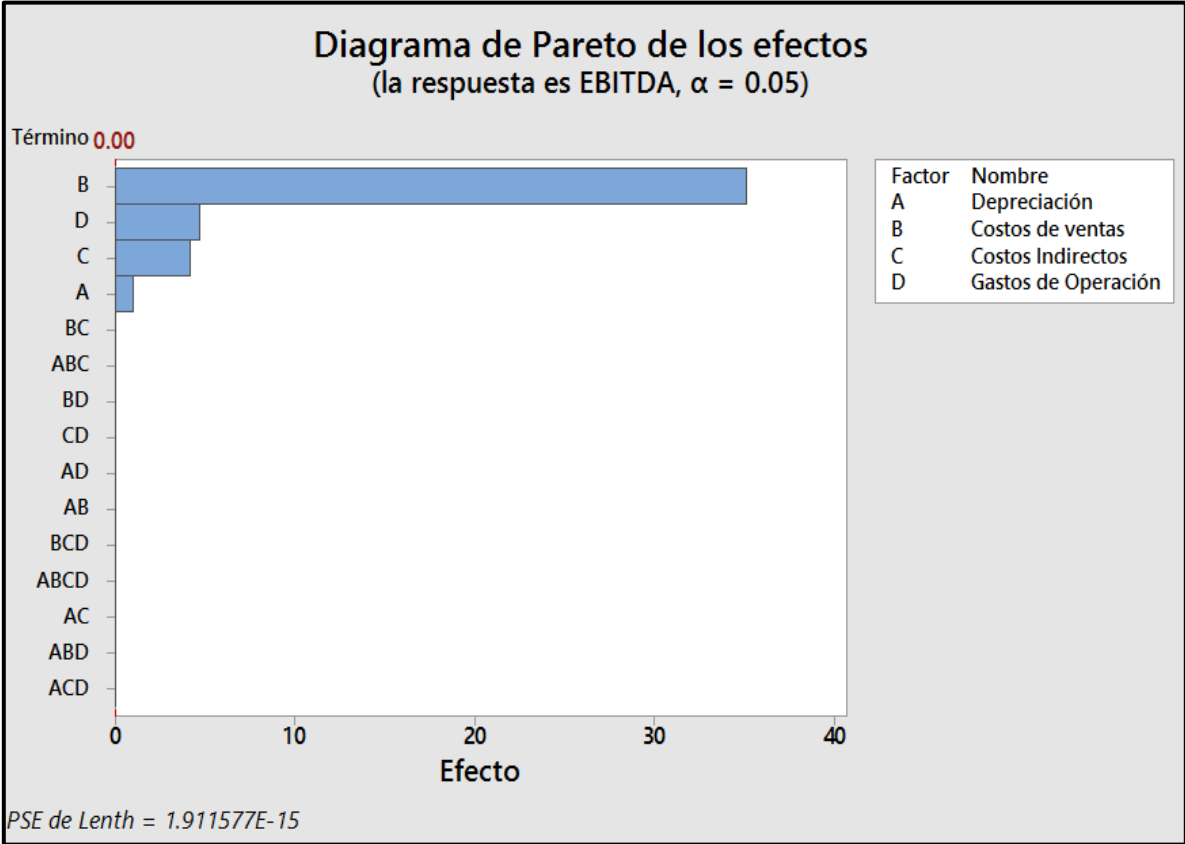
### 3.1.4.2.2 EBITDA

#### *Pareto de los efectos para EBITDA*

Una vez analizado el ROI, se procedió a ver el comportamiento del EBITDA respecto a esas variables. Para ello se comenzó graficando el diagrama de Pareto (Ver Ilustración 40). Dentro de esta grafica podemos observar que al igual que en diagrama de Pareto del ROI la variable “**costo de ventas**” afecta significativamente nuestro resultado de

EBITDA. En menor grado pero no insignificantes se encuentran las otras tres variables: gastos de operación y costos indirectos; y por último la depreciación.

Ilustración 40 Diagrama de Pareto de los efectos para EBITDA.



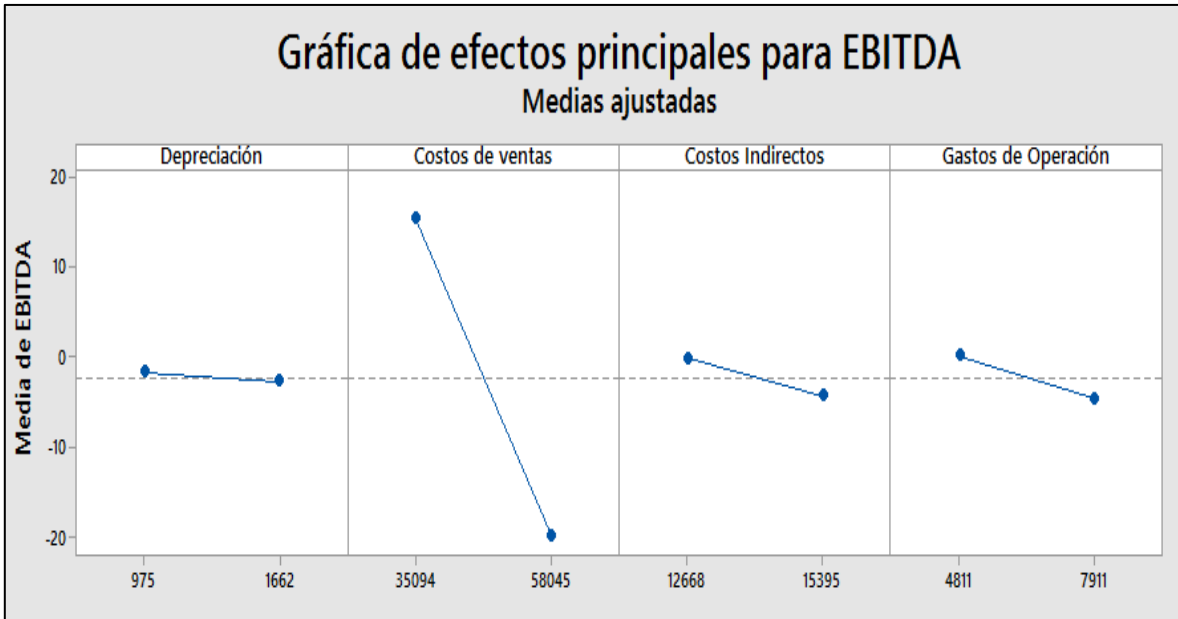
Fuente: Elaboración propia (2017).

**Gráfica de efectos principales para EBITDA**

Asimismo, al momento de realizar la gráfica de efectos principales se puede identificar una vez más que el costo de ventas afecta enormemente el resultado del EBITDA para bien si el costo es mínimo o para mal si el costo es máximo. Es importante comentar que la depreciación tiene un impacto muy ligero en el EBITDA, toda vez que para calcular este indicador se utiliza la utilidad de operación donde la depreciación tiene un pequeño impacto. Por otra parte, tanto los costos indirectos como los gastos de operación tienen

una pequeña repercusión en el EBITDA. Sin embargo, es necesario controlarlos para que no impacten en el resultado (Ver Ilustración 41).

Ilustración 41 Gráfica de efectos principales para EBITDA.



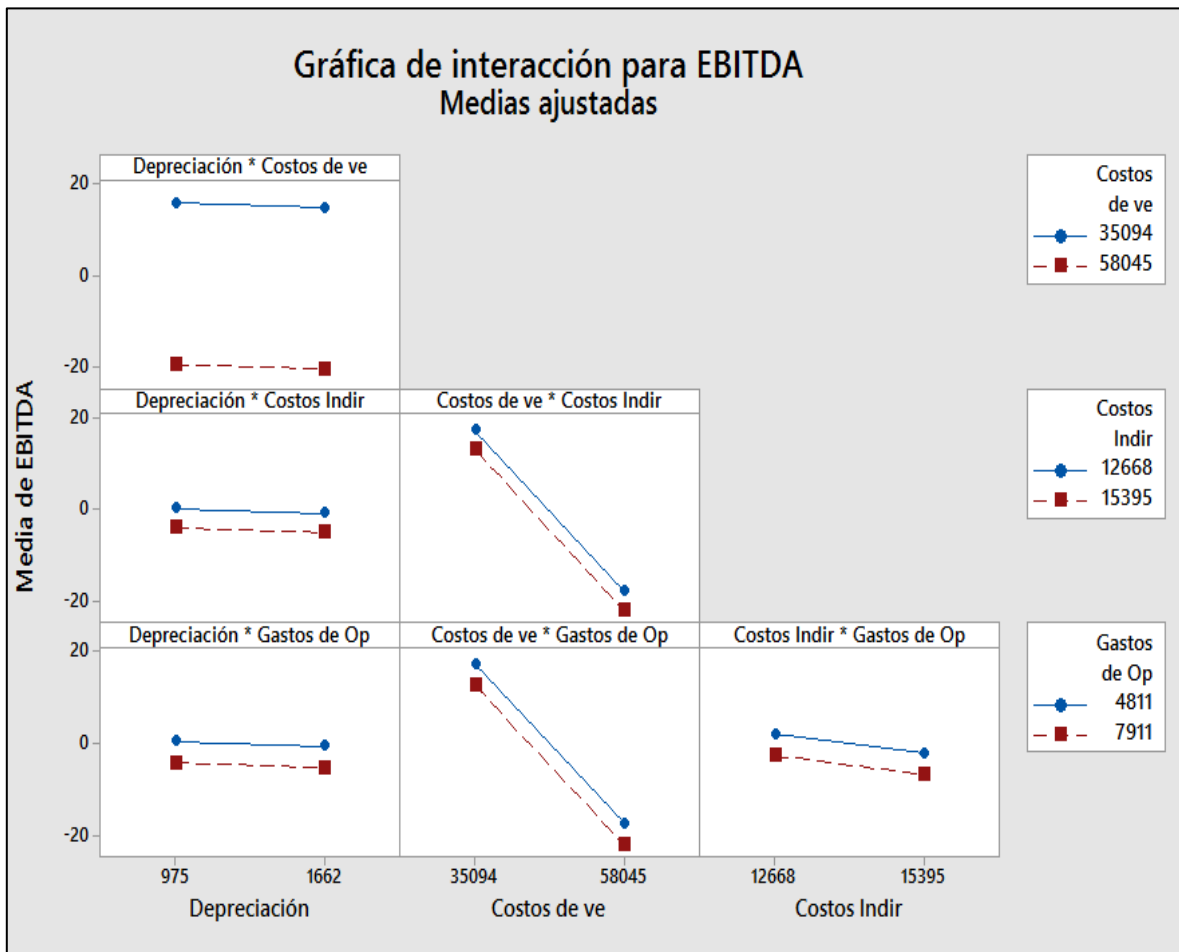
Fuente: Elaboración propia (2017).

### Gráfica de interacción para EBITDA

Al realizar las combinaciones en la gráfica de interacciones podemos apreciar que a menor costo de ventas y menores costos indirectos el EBITDA aumenta enormemente, y a mayor costo de ventas y menores costos indirectos pasa todo lo contrario el EBITDA tiene un gran decremento. Pasa algo similar cuando se combina el valor mínimo de costo de ventas y el valor máximo de costos indirectos el EBITDA aumenta siendo que los costos indirectos toman el valor máximo. Por lo que se puede aseverar que la variable que controla el aumento o disminución de este indicador es el costo de ventas. Lo mismo sucede cuando se combinan los costos de ventas y los gastos de operación, el comportamiento es muy similar y la variable de costo de ventas es la que determina el resultado del EBITDA (Ver Ilustración 42).



Ilustración 42 Gráfica de interacción para EBITDA.

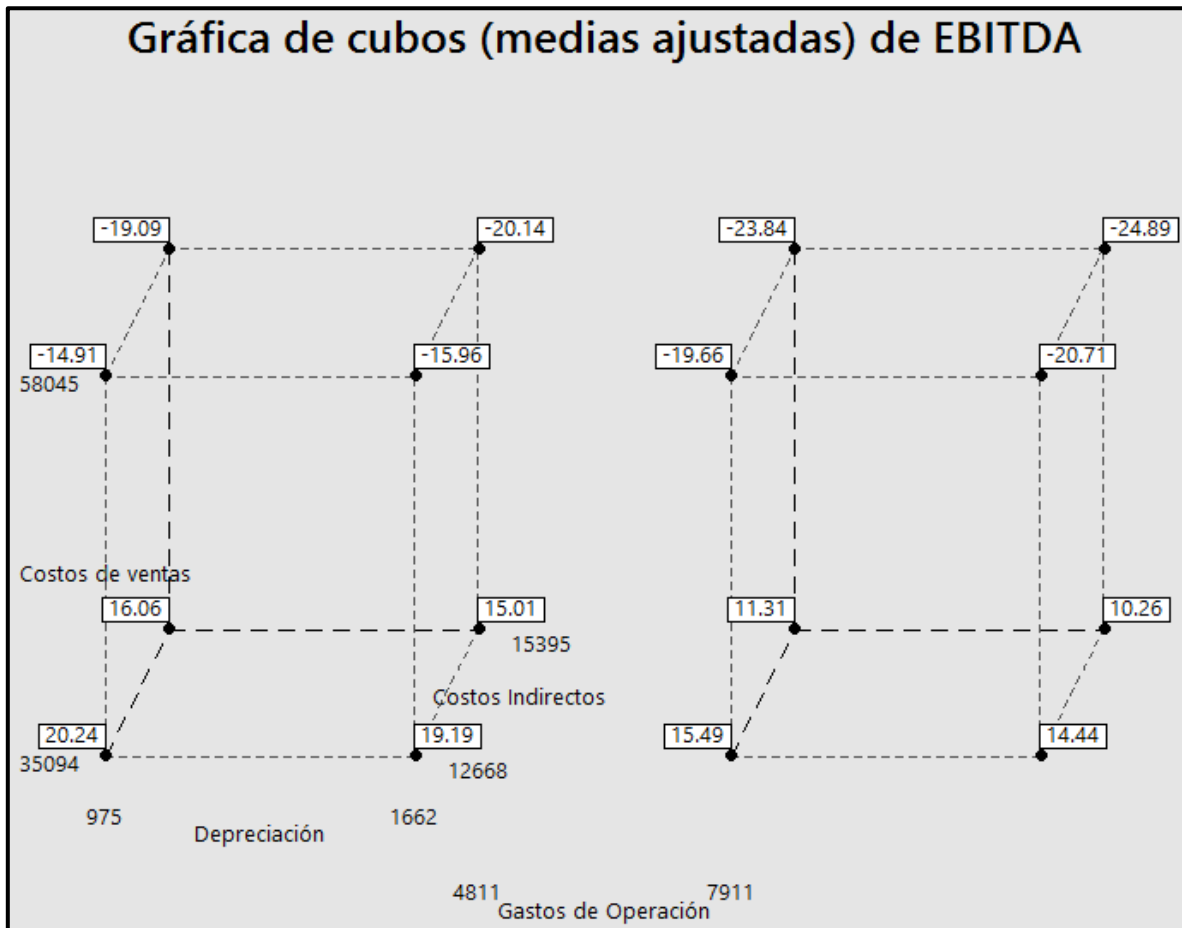


Fuente: Elaboración propia (2017).

### Gráfica de cubos (medias ajustadas) de EBITDA

De igual forma en la gráfica de cubos (Ver Ilustración 43) podemos identificar que las variables que más afectan el resultado del EBITDA son el costo de ventas y los gastos de operación. Es importante recordar que tanto el costo de ventas como los gastos de operación impactan directamente en las utilidades por lo tanto en el EBITDA.

Ilustración 43 Gráfica de cubos (medias ajustadas) de EBITDA.



Fuente: Elaboración propia (2017).

### 3.1.5 Diseño de Políticas y Evaluación

La modelación basada en dinámica de sistemas como herramienta para la simulación de sistemas y soporte a la toma de decisiones organizacionales permite representar el comportamiento futuro del sistema frente a las políticas y decisiones del presente. En el diseño de políticas y en general, en la planificación, se requiere de instrumentos que permitan analizar alternativas para el proceso de toma de decisiones y sus efectos sobre la organización y su entorno en el corto, mediano y largo plazo. Tras la simulación, la validación del modelo, los escenarios sobre las variables propuestas y la identificación del comportamiento de los indicadores de desempeño respecto a los valores de dichas

variables, se procedió a definir los principales puntos del modelo en los que LA EMPRESA tiene la libertad de construir políticas de trabajo para obtener mejores resultados.

- El nivel de servicio debe ser cuidado enormemente por LA EMPRESA con el fin de tener un mayor grado de satisfacción del cliente y de esta forma integrarlo más a la cadena de suministro para que exista un mayor flujo de información, y esto a su vez repercuta en un mayor nivel de inventario. Por lo tanto, en menores costos.
- Los costos de ventas, costos indirectos, depreciación y gastos de operación son las variables donde más fácilmente pueden plantearse políticas de funcionamiento por parte de LA EMPRESA debido a que como se pudo observar en el diseño de experimentos afectan los indicadores de desempeño requeridos por la organización.
- La variable “costo de ventas” muestra un comportamiento significativo en los resultados de los indicadores financieros, por lo que es prioritario incrementar la atención sobre la misma, ya que produce cambios abruptos en los mismos. En este caso, la política de funcionamiento es clara, LA EMPRESA tiene que estar siempre alerta y detallar bajo qué parámetros trabajará en los próximos meses con el fin de lograr los objetivos planteados.
- La variable “depreciación” es un valor que no se puede eliminar por lo que es importante aprovechar al máximo todo el equipo que se tenga disponible.
- Las otras variables, costos indirectos y gastos de operación, presentan comportamientos similares en los indicadores de desempeño requeridos por la organización, por lo que sólo se deben controlar o en la medida de lo posible disminuirlos.
- Los costos y gastos de operación deben ser cuidados por la organización y debe ser difundido el impacto que genera dentro del logro de los indicadores de desempeño, toda vez que el desempeño operativo afecta significativamente el logro de objetivos financieros.

## Conclusiones

Dinámica de sistemas nos permite comprender el funcionamiento del sistema a partir del planteamiento entre las causas y efectos entre variables relevantes que definen la estructura del mismo. Dicha estructura determina un comportamiento futuro del sistema; por lo que esta característica es de suma importancia en una gestión de la cadena de suministro, donde la mayoría de los stakeholders están estrechamente relacionados por los flujos de intercambio de información, de producto y de dinero. Durante el presente trabajo de investigación, se propuso un modelo de simulación basado en dinámica de sistemas buscando replicar la realidad de una empresa de autopartes con el objetivo de alcanzar los indicadores de desempeño planteados por la organización. Se diseñaron y sugirieron a LA EMPRESA políticas de cambio que puedan claramente ser utilizadas para alcanzar los objetivos estratégicos.

Con base en las pruebas realizadas, se identificó que es importante que las áreas de la organización estén integradas completamente y que haya un mayor flujo de información con la finalidad de alcanzar los objetivos organizacionales y no sólo los de cada área. También, se corroboró que el servicio al cliente tiene una relación muy estrecha con la satisfacción del cliente y esta a su vez un impacto en las ventas. Pero no por vender más y tener mayor satisfacción del cliente se tiene que descuidar a que costo se realiza. Asimismo, se comprobó que lo que se realiza en el área operativa tiene una repercusión en el desempeño financiero; por lo que es necesario que todos los encargados de la operación conozcan el lenguaje financiero ya que todas las decisiones que se toman repercuten en costos, gastos, entre otros. Por otra parte, se identificó que el impacto que tiene la variable “costo de ventas” en los indicadores financieros es “muy relevante” por lo que es necesario que LA EMPRESA implemente políticas estrictas para controlarlo. Sin embargo, existen otras variables que pueden afectar en menor medida los resultados deseados del sistema, por lo cual se tienen que estar midiendo constantemente como son los costos indirectos y gastos de operación. Por tal motivo, es sumamente importante concientizar a todo el personal con la finalidad de que tomen decisiones desde una perspectiva financiera. Desde este punto de vista, podemos decir que la gestión de la cadena de suministro desde una perspectiva financiera nos permitirá optimizar el capital de trabajo y alcanzar los indicadores de desempeño requeridos. Cabe resaltar que hay

muy pocas investigaciones respecto a la correlación que tiene lo operativo con lo financiero por lo que se recomienda realizar futuras líneas de investigación sobre ello.

En conclusión, podemos decir que el objetivo del proyecto de investigación si se cumplió a través de una disminución en el “costo de ventas” obteniendo en lo referente a indicadores de desempeño financiero un ROI del 23.50% y un EBITDA del 20.24% .

## Bibliografía

- Acero, M. (2008). *Administración de la cadena de suministros. La República*, 4-14.
- Alberto De Marco, C. R. (2007). *System Dynamics Simulation: an Application to Regional Logistics Policy Making*.
- Andrei Borshchev, Y. K. (2002). *Distributed simulation of hybrid systems with AnyLogic and HLA*.
- Carlo Rafele, A. C. (2006). *Performance measurement in supply chain supported by System Dynamics*.
- Carlo Rafele, A. C. (2006). *Using System Dynamics to evaluate logistic performance*.
- Christian Thies, K. K. (2016). *Market introduction strategies for alternative powertrains in long-range passenger cars under competition*.
- Christopher, M. (2015). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson.
- D. Mourtzis, M. D. (2015). *On the configuration of supply chains for assemble-to-order products: Case studies from the automotive and the CNC machine building sectors*. Grecia.
- Dávila, M. d. (2015). *Integración de los indicadores de desempeño de la cadena de suministro de la empresa reconociendo el impacto financiero de la operación*. Ciudad de México.
- Deepika Joshi, B. N. (2013). *On supply chain competitiveness of Indian automotive component manufacturing industry*.
- García, J. M. (2003). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*.
- Ghasem Farajpour Khanaposhtani, S. S. (2017). *Formulating the supply chain strategy of automotive industry in Iran using balanced Scorecard, System Dynamics, and Game Theory*.
- Gillian Harrison, C. T. (2017). *An exploratory policy analysis of electric vehicle sales competition and sensitivity to infrastructure in Europe*. *Technological Forecasting & Social Change*, 165-178.
- Henri Pierreval, R. B. (2007). *A continuous simulation approach for supply chains in the automotive industry*. Francia.
- Herbert Kozab, C. T. (2011). *Antecedents for the adoption and execution of supply chain management*.
- Hugo Alfonso, M. d. (2015). *Developing a lean supply chain performance framework in a SME: a perspective based on the balanced scorecard*.

- Jiafu Li, A. G. (2016). Impact of replenishment strategies on supply chain performance under e-shopping scenario .*
- Jian Cai, X. L. (2009). Improving supply chain performance management: A systematic approach to analyzing iterative KPI accomplishment.*
- Jianfeng Li, J. Z. (2010). System Dynamic simulation approach for supply chain with capability limit.*
- John T. Mentzer, W. D. (2001). Defining Supply Chain Management, Journal of Business Logistics.*
- Jorge Jaramillo Enciso, Á. G. (2014). Modelación Dinámica de Sistemas aplicada a la vinculación profesional de egresados universitarios.*
- Karsten Kieckhäfer, K. W. (2016). Analyzing manufacturers' impact on green products' market diffusion: the case of electric vehicles.*
- Leone Peter Correia da Silva Andrade, C. V. (2015). Supply Chain Development – Model, Opportunities, and Challenges. Brasil.*
- Lingying Pan, P. L. (2017). A system dynamic analysis of China's oil supply chain: Over-capacity and energy security issues.*
- Marcus F. Carvalho, A. S. (2010). A Methodology for Supply Chain design an application to Auto-part Industry. Brasil.*
- Mariany W. Lidia, T. A. (2012). Applying System Dynamics approach to fast fashion supply chain: case study of an SME in Indonesia .*
- Marr, B. (2012). Key Performance Indicators. Pearson.*
- Michal Klodawski, R. J. (2013). Ant algorithms for designing order picking systems.*
- Mohammed G. Sayed, M. H. (2014). Analysis of supply chains using System Dynamics Simulation.*
- Mualla Gonca Avci, H. S. (2016). A multi-agent system model for supply chains with lateral preventive transshipments: Application in a multi-national automotive supply chain. Turquia.*
- Muhammad Dan-Asabe Abdulrahman, N. S. (2015). Viability of remanufacturing practice: a strategic decision making framework for Chinese auto-parts companies.*
- Paulo Mendes Jr., J. E. (2016). A maturity model for demand-driven supply chains in the consumer product goods industry. Brasil.*
- Professionals, C. o. (20 de Febrero de 2016). CSCMP. Obtenido de <https://cscmp.org/supply-chain-management-definitions>*
- ProMéxico. (10 de Marzo de 2016). El Sector Automotriz en México. Obtenido de [http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/auto\\_perfil\\_del\\_sector](http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/auto_perfil_del_sector)*

- PWC. (15 de Marzo de 2016). Obtenido de Mejora en la cadena de suministro de la industria automotriz: <http://www.pwc.com/mx/es/retos-automotriz/mejora-cadena-suministro.html>*
- Rafi Rahanandeh Poor Langroodi, M. A. (2016). A system dynamics modeling approach for a multi-level multi-product, multi-region supply chain under demand uncertainty.*
- Ralph Santos Silva, M. F. (2013). Evaluation of information Integration in Supply Chain: A case study of automotive sector. Brasil.*
- S. Balan, P. V. (2007). A Dynamic Simulation Model for the Long Term Analysis of the Indian Automotive Industry.*
- S. Vinodh, S. D. (2013). Design of agile supply chain assessment model and its case study in an Indian automotive components manufacturing organization. India.*
- Scott J. Mason, P. M. (2003). Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain.*
- Togar M. Simatupang, R. S. (2008). Business Process Management Journal. Design for supply chain collaboration.*
- Tomomi Kito, K. U. (2014). The implications of automobile parts supply network structures: A complex network approach.*
- Veronica Ghisolfi, G. d. (2017). System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers.*
- Weihua Liu, Y. L. (2016). The influences of demand disruption on logistics service supply chain coordination: A comparison of three coordination modes. China.*
- Xuehao Feng, I. K. (2015). Supply chain coordination under budget constraints.*
- Yatsai Tseng, W. W. (2010). A System Dynamics Model of Evolving Supply Chain Relationships and Inter-firm Trust.*
- Ying Qiu, X. S. (2015). A System Dynamics Model for Simulating the Logistics Demand Dynamics of Metropolitans: A Case Study of Beijing, China.*
- Yongan Zhang, Y. W. (2012). Research on Demand-driven Leagile Supply Chain Operation Model: a Simulation Based on AnyLogic in System Engineering.*



# Anexo 1.-

Concepto	Producción	Inventario Producto Terminado	Entregas	Ordenes atrasadas	Ordenes	Demanda	Nivel de Servicio	Satisfacción del cliente	Calidad	Valor del producto	Información	Ventas	Costos	Costos Indirectos	Costos de Ventas	Utilidad Bruta	Utilidad de operación	Gastos de operación	Otros gastos	EBITDA	Costo laboral	Inversión	ROI	
Producción		+	+	+	+	+	+	-	+			+	+					+		+			-	
Inventario Producto Terminado	+		+	+	+	+	-					+	+								+			
Entregas	+	+		+	+	+	+	+	-		+	+	+		+	+	+	+		+	+			
Ordenes atrasadas	+		+					+					+					+						
Ordenes	+	+	+	+			+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Demanda	+	+	+	+	+		+	+				+	+			+		+						
Nivel de Servicio			+		+			+				+			+									
Satisfacción del cliente									+	+		+												
Calidad			-					+																
Valor del producto								+																
Información		+	+	+			+					+	+											
Ventas	+	+	+	+	+	+							+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
Costos	-													+	+	+	+			+		+	+	
Costos Indirectos																+	+			+		+	+	
Costos de Ventas																+	+			+		+	+	
Utilidad Bruta																	+			+			+	
Utilidad de operación																				+			+	
Gastos de operación																	+			+		+	+	
Otros gastos																	+			+		+	+	
EBITDA												+	+	+	+	+	+	+	+		+			
Costo laboral																					+			
Inversión																							+	
ROI												+	+	+	+	+	+	+	+			+		