

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS**

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**ANALIZAR Y COMPARAR LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE  
MATERIA PRIMA CLÁSICA, VERSUS EL MODELO (S, Q), CON  
DEMANDA Y NIVEL DE SERVICIO DEFINIDO, PARA LA  
INDUSTRIA METALMECÁNICA.**

**CASO: “METALMECÁNICOS DEL ECUADOR”.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE  
MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, MENCIÓN OPERACIONES  
EN SECTORES ESTRATÉGICOS**

**JEAN PIERRE NARVÁEZ LARA**

jean.narvaez@epn.edu.ec

**DIRECTORA: CRISTINA FERNANDA ACUÑA BERMEO M.A.**

cristina.acuna@epn.edu.ec

**2018**

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

Como director del trabajo de titulación, Analizar y comparar la gestión de inventarios de materia prima clásica, versus el modelo (s, Q), con demanda y nivel de servicio definido, para la industria metalmecánica. Caso: "Metalmecánicos del Ecuador"., desarrollado por Jean Pierre Narvárez Lara, estudiante de la maestría en administración de empresas, mención operaciones en sectores estratégicos, habiendo supervisado la realización de este trabajo y realizado las correcciones correspondientes, doy por aprobada la redacción final del documento escrito para que prosiga con los trámites correspondientes a la sustentación de la Defensa oral.

---

**CRISTINA FERNANDA ACUÑA BERMEO M.A.**

**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, Jean Pierre Narváez Lara, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Jean Pierre Narváez Lara**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por el soporte, por no dejarme caer, por retarme a diario para seguirme superando, mis horas de trabajo son fruto de su ejemplo.

A mi hermano, por ser mi fiel seguidor, por siempre basarse en mis resultados, en mis logros, para superarme y ser mejor.

A mis abuelos, por las noches de vela, esperando que llegue de mis clases.

A Michu, por las noches de compañía, haciendo deberes, estudiando, investigando, comiendo, por todas esas aventuras juntos, y por las que vendrán.

A mis “zuricatos”, por su apoyo en el salón de clases, en los trabajos y en lo vivido en el aula de clase.

A Dios, por darme salud y vida, por permitirme cumplir mis sueños.

A mi Lola, por su protección en todo momento.

**Jean Pierre**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios.

A mi Lola.

A mis padres.

A mi hermano.

A Michu.

A mis abuelos.

A Cristina, por su constante apoyo para sacar el proyecto adelante.

A la empresa "Metalmecánicos del Ecuador", por abrirme las puertas.

A mis compañeros de clase por sus enseñanzas.

A mis profesores por entregarme tiempo de su vida para formarme profesionalmente.

A mis compañeros de trabajo, y mis jefes, por apoyarme en mi ausencia.

A mis colegas de trabajo, por el constante apoyo.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| LISTA DE FIGURAS .....   | i         |
| LISTA DE TABLAS .....  | ii        |
| LISTA DE ANEXOS .....  | iii       |
| RESUMEN .....  | iv        |
| <i>ABSTRACT</i> .....  | v         |
| <br>   |           |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....   | 5         |
| 1.2. OBJETIVO GENERAL .....  | 6         |
| 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 6         |
| 1.4. HIPÓTESIS.....  | 6         |
| <b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1. GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....                                   | 7         |
| 2.1.1 Gestión de la cadena de suministro del sector metalmecánico.....         | 11        |
| 2.2. GESTIÓN DE INVENTARIOS .....  | 13        |
| 2.2.1 Costos de inventarios.....   | 14        |
| 2.3. MODELOS DE INVENTARIOS .....  | 18        |
| 2.3.1 Modelo (s, Q).....   | 20        |
| <b>3. METODOLOGÍA.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>  | <b>30</b> |
| 4.1. COSTOS DE LA GESTIÓN ACTUAL, PARA LOS ONCE TIPOS DE MATERIA<br>PRIMA..... | 31        |
| 4.2. MODELO (S, Q) PROPUESTO .....   | 34        |
| 4.2.1 Modelo (s, Q), Costos de la gestión.....                                 | 34        |
| <b>5. DISCUSIÓN.....</b>   | <b>43</b> |
| <b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                                  | <b>46</b> |
| 6.1. CONCLUSIONES .....  | 46        |
| 6.2. RECOMENDACIONES .....   | 48        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>50</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>53</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> - Precios históricos de un Acero Laminado en Caliente, desde el año 2016, hasta el presente 2018. .... | 10 |
| <b>Figura 2</b> - Error al definir inventario de seguridad solo con base en la demanda. ....                           | 14 |
| <b>Figura 3</b> – Nivel de inventario con respecto al tiempo. ....   | 18 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1-</b> Registro comparativo de la demanda y el inventario disponible por cada tipo de producto. .... | 10 |
| <b>Tabla 2-</b> Precios máximo y mínimo de los últimos tres años (2016 - 2018). ....                          | 27 |
| <b>Tabla 3-</b> Cálculo de cantidad óptima de pedido para gestión de actual. ....                             | 31 |
| <b>Tabla 4-</b> Costos de la gestión inventarios actual. ....   | 32 |
| <b>Tabla 5-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....  | 35 |
| <b>Tabla 6-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....   | 35 |
| <b>Tabla 7-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.8. ....  | 36 |
| <b>Tabla 8-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.8. ....   | 36 |
| <b>Tabla 9-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.0. ....  | 36 |
| <b>Tabla 10-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.0. ....  | 36 |
| <b>Tabla 11-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.2. ....   | 37 |
| <b>Tabla 12-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.2. ....  | 37 |
| <b>Tabla 13-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.54. ....  | 37 |
| <b>Tabla 14-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.54. ....                                       | 37 |
| <b>Tabla 15-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.72. ....  | 38 |
| <b>Tabla 16-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.72. ....                                       | 38 |
| <b>Tabla 17-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....   | 38 |
| <b>Tabla 18-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....  | 38 |
| <b>Tabla 19-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....   | 39 |
| <b>Tabla 20-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....  | 39 |
| <b>Tabla 21-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....   | 39 |
| <b>Tabla 22-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....  | 39 |
| <b>Tabla 23-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....   | 40 |
| <b>Tabla 24-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....  | 40 |
| <b>Tabla 25-</b> Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....   | 40 |
| <b>Tabla 26-</b> Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.5. ....  | 40 |
| <b>Tabla 27-</b> Comparativo que permite analizar el error del modelo (s, Q). ....                            | 41 |
| <b>Tabla 28-</b> Costos de la gestión inventarios actual versus costos de gestión modelo (s, Q). ....         | 42 |



## LISTA DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Anexo I</b> – Valores de las funciones de la distribución Normal para valores de $k$ entre 0.00 y 3.99. .... | 53 |
|---|----|

## RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo analizar y comparar dos modelos de gestión de inventarios aplicados en la empresa del sector metalmeccánico ecuatoriano, "Metalmeccánicos del Ecuador", en dónde el actual modelo será contrastado con una nueva propuesta.

Los datos serán recopilados dentro de la organización, con el objetivo de identificar las oportunidades de mejora en el aspecto financiero, costos de gestión de inventarios, ya que se visualizan oportunidades de crecimiento en la rentabilidad de la organización.

El sector metalmeccánico del Ecuador, se ha visto afectado por las constantes variaciones del precio del acero, su materia prima base, misma que es regulada por una bolsa de valores internacional, que no permite que las organizaciones ecuatorianas, tengan un abastecimiento continuo y controlado, debido a la incertidumbre generada por el precio variable.

Un modelo de abastecimiento controlado, en el cuál la demanda es conocida, y el nivel de servicio requerido por la organización es definido previo a la gestión de los inventarios, será puesto a prueba para el caso de esta organización de uno de los sectores estratégicos más representativos del Ecuador.

Al finalizar la visualización de ambos modelos, se hará un análisis de los costos generados en la gestión de cada uno de ellos, comparándolos y verificando que opción es factible para generar buenos resultados en el sector.

**Palabras clave:** metalmeccánico, inventarios, gestión, demanda, costos.

## **ABSTRACT**

*This research work had the goal of analyzing and comparing two inventory management models applied at “Metalmecánicos del Ecuador”, a metal-mechanic company where the current model will be contrasted with a new proposal.*

*The data will be collected at the organization with the goal of identifying opportunities for financial improvement and reducing inventory management costs, since opportunities to boost the company’s profitability have been identified.*

*The metal-mechanic sector in Ecuador has been affected by constant variations in Steel prices, its main raw material, since Price fluctuations depend on the international stock market and thus do not allow Ecuadorian companies to have continuous and controlled resupply due to the uncertainty generated by variable prices.*

*This study used the assessed company, which is part of one of the country’s most important strategic sectors, to test a controlled resupply model in which the demand is known and the level of service required by the company is defined prior to inventory management.*

*After assessing both models, we will conduct an analysis of the costs generated by each one of them, comparing them and verifying which option generates the best results in this economic sector.*

**Keywords:** *metal-mechanic, inventory, management, demand, costs.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el sector metalmeccánico genera un gran número de actividades productivas que comienzan desde la fundición hasta la transformación y soldadura, así como también el tratamiento químico de algunas superficies (PRO ECUADOR, 2013). Según datos de PRO ECUADOR, aproximadamente se posee una producción anual de 780.000 toneladas, entre diferentes productos de acero (tubos, perfiles, vigas, entre otros), alambres de acero, alambres de cobre o aluminio para electricidad, y productos de acero varios.

Actualmente la industria metalmeccánica en el Ecuador está dividida en siete sectores: metálicas básicas, productos metálicos, maquinarias no eléctricas y eléctricas, material de transporte, carrocería y bienes de capital. Siendo todas estas, parte fundamental de los otros sectores industriales del país, como: el alimenticio, textil, maderero, construcción, entre otros. La industria de hidrocarburos, de telecomunicaciones, minera, eléctrica, hidroeléctrica, electrodomésticos, automotor, maquinaria en general, e industrias para producción de bienes y servicios cuenta con proyectos que son abastecidos por la producción metalmeccánica, razón por la cual se genera empleo directo a 23.600 personas y empleo indirecto a 50.000 (PRO ECUADOR, 2016).

El beneficiario de esta investigación será el sector metalmeccánico; a continuación, se presentan algunas características de este. El proceso de producción metalmeccánico abarca toda la cadena de producción del metal, desde la obtención de la materia prima, hasta la transformación en productos comerciales de acero. Según Villareal (2007) “la industria metalmeccánica comprende la producción de artículos metálicos mediante la manipulación mecánica de los metales y la fabricación de máquinas eléctricas para usos industriales mediante el ensamble de piezas metálicas”.

Desde el año 2015, según un artículo de la revista Líderes (2015), se evidencia que el sector presenta un gran declive, que contrasta con los cuatro años pasados

en donde se vivieron épocas de auge. Este declive se refleja en el decremento abrupto en las ventas, debido a que dentro de los años 2011-2013 se promedió un crecimiento anual del 7 por ciento, pero para los años 2014-2015, se bajaron tres puntos porcentuales, creando así incertidumbre dentro de los empresarios.

Según estimaciones de Marketline Global Metals and Mining (Metals, 2013), durante el año 2010 el sector minero y de metales a nivel internacional tuvo un crecimiento de 27,6 por ciento pasando de 1.661,1 a 2.119 billones de dólares, esperando alcanzar en el 2016, un valor de 4.988,5 billones. La información anterior corrobora los datos entregados por PROECUADOR en el 2016, ya que esperaban tener un crecimiento significativo en el sector.

Diario Expreso (2013) presentó un análisis, afirmando que existieron incrementos hasta del 100 por ciento sobre ciertos productos ecuatorianos, que reaccionaron ante las constantes variaciones del precio del acero. Uno de estos es el costo de la materia prima que se vió afectado por diversos factores que se establecen en el reportaje.

El principal motivo que no permite mantener costos de los productos base, es la constante variación del precio del petróleo y sus derivados, que generan una variación en el indicador de precio del acero mundial, *London Metal Exchange*, LME por sus siglas en inglés, por esta razón, los molinos de producción de acero tienen que realizar ajustes frecuentes y extremos para no sufrir pérdidas (LME, 2018).

Otro factor que debe ser considerado por la industria del acero, es presentado por Arcus-Global. La gran demanda existente de acero y las fuertes medidas económicas, que los países con mayor exportación de acero, como China y la Unión Europea han implementado para comercializar los productos. Estas medidas, obligan a los productores a reducir la producción e inclusive a reducir el número de productores, ya que, aseguran que China deberá reducir la producción

de 200 millones de toneladas de acero por año, para que la situación sea aceptable (Arcus-Global, 2016).

Con estos datos, se puede evidenciar que existen factores externos que crean incertidumbre en las organizaciones y dan paso a que factores internos alteren las decisiones tomadas a la hora de abastecerse, e inclusive, afecten a planificaciones estratégicas planteadas.

Para la presente investigación, la empresa tomada como caso de estudio es “Metalmecánicos del Ecuador”, organización que, por su larga trayectoria es una excelente opción para representar al sector Metalmecánico, ya que, con más de 40 años en el mercado, cuenta con 8'000.000 de dólares en ventas, más de 200 clientes directos y más de 1.000 clientes indirectos. Esta organización genera empleo directo a 600 personas, y empleo indirecto aproximadamente a unas 4.000 personas más; posee una participación en el mercado del 25 por ciento. Todos estos datos fueron recopilados dentro de la organización, conforme a los lineamientos de confidencialidad estipulados. Al pertenecer a un sector estratégico del Ecuador, y al ser un país no productor de la materia prima necesario para abastecer al sector Metalmecánico, el proyecto pretende entregar condiciones favorables para la adecuada gestión, con el objetivo de lograr una reducción significativa en sus costos al determinar la menor incertidumbre de las decisiones planteadas entre las compras basadas en un criterio de decisión no controlable (indicador LME), versus un modelo de gestión de inventarios con demanda definida y nivel de servicio establecido, conocido como modelo (s, Q) por sus siglas en inglés, en la que el nivel de servicio ofertado, es decisión de cada una de las organizaciones del sector.

La situación actual en la organización, así como en la mayoría de las empresas del sector metalmecánico, está establecida en la toma de decisiones sustentadas en la experiencia y en la constante retroalimentación de los proveedores. Particularmente, en la organización en cuestión, la constante comunicación con el departamento de Comercio Exterior ha generado ciertas mejoras en el último año

de producción; sin embargo, el abastecimiento de materia prima no deja de ser una problemática al momento de buscar mayor rentabilidad en la organización. Con las variaciones registradas en el 2016, se calcularon pérdidas del 50 por ciento para el área de ventas. Para inicios del 2017, el porcentaje de materia prima faltante, a causa de no abastecimiento fue del 30 por ciento, es decir, se trabajaba con un nivel de servicio mucho menor al 70 por ciento por roturas en el abastecimiento de materia prima.

Dentro de la gestión actual, se consideran las siguientes variables: precio de la materia prima, ventas, pronóstico en el futuro, inventario de producto terminado y tiempo de tránsito.

A diferencia, el modelo de gestión propuesto considera gestionar el abastecimiento de acuerdo a las siguientes variables: demanda, producto terminado, cantidad óptima de pedido y punto de reposición.

La principal investigación dentro de este sector es analizar la variación de precio existente a nivel internacional de la materia prima ocupada para generar los bienes o servicios, misma que es víctima de agentes externos y que obliga a las organizaciones a comprar sólo lo necesario (cuando el precio es alto) o abastecerse de una manera muy precavida con lo justo o con menos (cuando el precio es bajo). Cuando se presenta una variación representativa, las organizaciones sufren cantidad de pérdidas, debido al “x” costo (relativamente alto) de la materia prima, o en el mejor de los casos, debido a un “y” costo (relativamente bajo), representa una excelente decisión haber incrementado el stock.

Un modelo de inventarios con demanda conocida (constante para efectos del caso, con una medición de incertidumbre de acuerdo a su nivel de servicio) y con un factor que es decidido por la organización (nivel de servicio), es una solución eficaz que actualmente maneja la organización, pero ofreciendo un nivel de servicio muy bajo para una cadena de suministro continua y con constantes

requerimientos de abastecimiento; sin embargo, una aplicación correcta del modelo, va a ser analizada durante el presente trabajo para el caso del sector metalmeccánico.

Esta tesis pretende aclarar un tema que no ha sido resuelto en organizaciones con este giro de negocio en el Ecuador, y que ha afectado a las mismas, durante varias generaciones que han sufrido grandes pérdidas y también otras que han vivido grandes auges, gracias a los precios tan variables del acero, su materia prima. El sustento a nivel internacional no ha permitido que las organizaciones propongan modelos fijos, pero este estudio pretende analizar los factores que influyen durante la decisión, y plantear una estrategia que permita a la organización obtener dos tipos de resultados: mientras el precio del acero sea bajo, la organización tendrá resultados positivos; por el contrario, a pesar de que el precio del acero sea alto, la organización tendrá también una utilidad considerable.

Según Vidal (2005), el modelo (s, Q), es un sistema de control continuo, en el cuál, el momento en el que el inventario efectivo cae al punto de re-orden "s" o por debajo del mismo, se realiza un pedido de una cantidad fija "Q". Además, el modelo permite que se defina el nivel de servicio con el que se pretende trabajar y que la situación sea una decisión de la organización. Es por esto, que el modelo es de total interés para la organización, pues se asemeja a lo que se busca.

El modelo será aplicado para el caso de la empresa "Metalmeccánicos del Ecuador", misma que representa a la industria que hace de materia prima, que en su totalidad es importada hacia el país. La solución encontrada, pretende brindar información sobre los parámetros generales, y los parámetros internos que deben ser controlados para tener los mínimos costos en la gestión (costos de sobreabastecimiento, costos de oportunidad, entre otros).

### **1.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Se generan varias preguntas, pero las principales que llevarán a resolver el problema planteado son las tres mencionadas a continuación:



¿Cuáles son los costos actuales de gestión del inventario de materia prima?

¿En qué porcentaje varían los costos de gestión de inventarios, al basar las decisiones en el indicador LME?

¿Existe, y de ser el caso, cuál es el porcentaje de reducción de los costos de gestión de inventarios basados en un modelo (s, Q) de abastecimiento continuo y controlado con demanda definida y nivel de servicio propuesto?

## **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Comparar el modelo de gestión de inventarios de materia prima clásico versus el modelo (s, Q), con demanda y nivel de servicio definido, para la industria metalmecánica, en el caso de la empresa “Metalmecánicos del Ecuador”.

## **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los costos generados en la actualidad, al considerar solamente el precio de materia prima.
- Plantear el modelo de abastecimiento controlado de materia prima.
- Analizar las dos situaciones presentadas, y definir la mejor opción de gestión.

## **1.4. HIPÓTESIS**

La tesis pretende entregar un análisis y una comparación sobre dos formas de gestionar el inventario de materia prima; la forma actual (100 por ciento basando las decisiones de acuerdo con el indicador LME), la propuesta (analizar los datos de demanda, y plantear un modelo de abastecimiento controlado por dos parámetros, la demanda conocida y el nivel de servicio entregado).

Hipótesis: El modelo (s, Q) de abastecimiento controlado, reduce los costos de gestión versus el modelo clásico de abastecimiento de inventarios basado en un factor incontrolable (LME).

Se formula una hipótesis causal, que indica que el modelo propuesto va a representar menores costos en la gestión, buscando entregar información certera de cuál será la mejor manera de gestionar.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO**

El control y gestión de la cadena de suministro es un proceso que representa un factor económico clave para una organización, es por ello que, si se habla de un proceso que representa un riesgo significativo, se infiere que requiere más análisis y sobre todo criterio en la toma de decisiones. Según Castro (2003), pese a ser un proceso de gestión, es decir, administrativo, representa o incluye un proceso dinámico por parte de los encargados de las operaciones de los procesos, en los cuáles todos los factores que interactúan en esta gestión tienen que ser valorados y analizados de la mejor manera. Dicho todo esto, la gestión de inventarios presenta una variable, la incertidumbre, que debe ser controlada de una manera particular, que depende cuan detallistas se quiere ser durante el control de esta administración. Para gestionar esto, se han desarrollado varios modelos de gestión de inventarios, algunos de ellos, como el escogido por la organización para el presente análisis, inclusive indican en qué momento realizar un pedido, y la cantidad de este.

Existen algunos estudios que serán referenciados en el presente escrito, que permitieron desarrollarlo de una manera concreta, agrupando todos los aspectos fundamentales para una correcta gestión de inventarios.

Por ejemplo, Castro (2003), expone en su trabajo, que cualquier organización que pretenda manejar o gestionar inventarios, deberá contar con una fase experimental, en la que se definan los objetivos a alcanzar, el inventario a manejar, la demanda requerida y los encargados de retroalimentar constantemente a este modelo de gestión. En su artículo presenta una guía para poder escoger el modelo de inventarios cuando la demanda es determinística, pero a pesar de ello, también menciona que consideraciones se deben tener a la hora de manejar una demanda variable en el tiempo y que no sea constante.

Por otro lado, Gutierrez (2008), y Babiloni (2007), coinciden en que la revisión continua y periódica de cualquier modelo de gestión de inventarios es requerida y obligatoria, pues todas las condiciones aplicables al método están en constante variación y sobre todo, el concepto de mejora continua está ligado en su totalidad a la gestión, es por ello, que se deben considerar nuevas adaptaciones todo el tiempo.

Acotando el manejo de modelos variables, Tepepa y Ley (2003), presentan un análisis de lo que puede causar la incertidumbre en el manejo de inventarios, lo cual representa una situación más real, pues contar con una demanda del mercado constante, es un punto no tan común y reiterativo, por ende, el autor permite que se puedan corroborar las variables que deben controlarse y sobre todo cuales son los más importantes. Es por esto que, en el presente trabajo, se desarrolla un análisis del error pronosticado debido a las variables que no son controladas y sobre todo una verificación de los resultados obtenidos guiados por el error mencionado.

Posterior al análisis, se presenta un desarrollo en el que Salas (2013), menciona sobre lo que se debe hacer después de definir un modelo de inventarios, que será empezar a verificar que todas las variables tengan sus restricciones claras, sus pronósticos adecuados, y los resultados que se tienen al aplicar un modelo en el que se hayan considerado todas las aristas necesarias, que permitan considerar la incertidumbre como parte de la gestión y que se pueda realizar un trabajo completo. Lo que se genera posteriormente a este escrito, se presenta en la sección de recomendaciones.

Como en todo proceso, en la gestión de inventarios se tiene datos de entrada, procesos automáticos o manuales a realizarse, datos de salida de la gestión y finalmente, según los autores mencionados, una retroalimentación oportuna.

Dentro de las entradas para gestionar la cadena de suministro del sector metalmeccánico, se tienen dos tipos de mercado que recaen en los tipos de datos

necesarios, los productos de stock (generan datos determinísticos) y los proyectos salientes (generan datos probabilísticos). Los modelos determinísticos tienen constantes en su proceso, sin variación alguna, de donde se generan salidas constantes o con pequeñas desviaciones, es decir, son modelos donde el azar, y la incertidumbre, no son considerados, y esto fue planteado por Salas (2013) en el diseño propuesto para una organización en Cartagena, Colombia. Por otro lado, el modelo probabilístico, hace referencia a un modelo en donde se realiza un muestreo de datos que supone un comportamiento aleatorio, en donde estos tienen variaciones, por ende, se tienen resultados fuera de control.

La incertidumbre generada al tener variación en todos los datos que se están manejando, recae sobre el gestor de la cadena de suministro, y exige que se tenga que implementar un modelo probabilístico. Dentro de esto, se encuentran varios tipos de modelo, presentados en la sección 2.3, que gestionan un concepto importante en el manejo de la cadena, el concepto de stock de seguridad. Las empresas que manejan inventarios pretenden ser capaces de responder ante un incremento considerable de la demanda. Sin embargo, al tener variaciones de esta, el manejo del stock de seguridad representará un riesgo para la organización, con un impacto económico considerable porque no se habla solo de inventarios de materia prima, sino de producto terminado, de herramientas, de todo, y es en estas aristas, en donde la cadena de suministro no debe verse vulnerable (Tepepa & Ley, 2003).

El análisis de la demanda es expuesto con el soporte de la Tabla 1 y los datos expresados en la sección de introducción, con fuentes primarias (área comercial de la organización) y fuentes secundarias (datos del mercado del sector).

En la organización, existe un descontrol a nivel demanda requerida, pues el funcionamiento del sector metalmeccánico en el Ecuador se muestra inseguro y con crecimientos y decrecimientos espontáneos, es por eso, que la organización ha tomado un modelo mensual de requerimiento de producto terminado, con el objetivo de que la respuesta a la demanda, sea medida mensualmente y pueda

ser retroalimentada constantemente y el abastecimiento de materia prima no tenga variaciones tan significativas, sin embargo, el modelo actual, entrega un nivel de servicio del 70 por ciento, expresado también en el capítulo anterior.

Se trata de una base de datos que contiene el código de cada uno de los productos, y día a día el sistema ERP se actualiza con las producciones y las ventas, permitiendo a los microprocesadores de la hoja de cálculo hacer un comparativo entre la demanda actual, y el inventario físico. Cada uno de los productos tiene asignado tres niveles de stock: rojo, amarillo y verde, que permiten visualizar cuando el inventario está dentro del inventario de seguridad, cuando está cerca de llegar al nivel del inventario de seguridad, y cuando se tiene suficiente producto para satisfacer la demanda. Todos estos datos, son el soporte para que el área de logística realice el abastecimiento de materia prima.

Se coloca un extracto de la base de datos en la Tabla 1, como sustento de la demanda presentada por el área productiva.

**Tabla 1** – Registro comparativo de la demanda y el inventario disponible por cada tipo de producto.

|            | nivel<br>(KAMBANES<br>VERDES) | LT<br>(KAMBANES<br>AMARILLOS) | SS<br>(KAMBANES<br>ROJOS) | Stock mensual<br>(un) | AL DÍA |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------|
| Producto A | 57                            | 41                            | 15                        | 113                   | 13     |
| Producto B | 40                            | 30                            | 10                        | 80                    | 0      |
| Producto D | 25                            | 18                            | 7                         | 50                    | 7      |
| Producto E | 80                            | 50                            | 20                        | 150                   | 60     |
| Producto F | 310                           | 220                           | 80                        | 610                   | 100    |
| Producto G | 257                           | 187                           | 70                        | 514                   | 271    |
| Producto H | 122                           | 89                            | 33                        | 244                   | 130    |
| Producto I | 40                            | 30                            | 10                        | 80                    | 80     |
| Producto J | 97                            | 70                            | 26                        | 193                   | 164    |
| Producto K | 50                            | 35                            | 15                        | 100                   | 107    |
| Producto L | 160                           | 100                           | 40                        | 300                   | 180    |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

De esta manera, los datos a manejar en la presente investigación, son datos constantes con una desviación estándar calculada por el área comercial de acuerdo al nivel de servicio ofertado, pues pertenecen a productos de stock regular sin proyectos que representarán producciones particulares. Dichos niveles de stock, son retroalimentados por el área comercial mensualmente, con la información de la base de datos de producción y ventas correspondientes al mes, y con esto se genera el cálculo de la desviación estándar de la demanda. Si se tienen disponibles 8 productos de 11, el nivel de servicio promedio ofrecido según el área productiva tiene un valor aproximado de 70 por ciento.

### **2.1.1 GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR METALMECÁNICO**

Esta gestión en Ecuador, ha sido una práctica sin teoría alguna en donde la mayor cantidad de información es recopilada en base a datos históricos gestionados por el Departamento de Comercio Exterior de la organización, y sobre todo de los costos financieros de la gestión de inventarios, manejados por el Departamento Financiero.

Según los datos recopilados en la empresa “Metalmecánicos del Ecuador”, la situación que vivieron las industrias debido a la variación del precio del acero fue extrema, debido a que se considera que el capital más importante de los metalmecánicos es la materia prima.

Se presenta un histórico manejado por la bolsa de valores del Acero, guiada por el indicador LME.

## HISTORICAL PRICE GRAPH



**Figura 1-** Precios históricos de un Acero Laminado en Caliente, desde el año 2016, hasta el presente 2018.

**Fuente:** LME, 2018

En la figura 1, se muestran los valores fijados por el mercado internacional, en su indicador LME, para un tipo de materia prima ocupado por la organización, el acero laminado en caliente. Sin embargo, en el resumen se puede evidenciar que existen variaciones considerables en períodos cortos de tiempo que exponen a la industria a sufrir crisis irreparables. Por ejemplo, entre marzo del año 2016 y abril del mismo año, el precio se incrementa desde 325 hasta 510.

Con esta información se puede visualizar que la situación financiera para una empresa del sector metalmeccánico, depende del costo de la materia prima principal, y que los costos de venta de los productos que fabrica y comercializa, siempre van a estar guiados por el mismo, y por los costos de gestión de esta materia prima.

## 2.2 GESTIÓN DE INVENTARIOS

Para comenzar a hablar sobre inventarios, se realiza la definición del mismo, y las posibles variantes encontradas sobre este tema. Según Gutiérrez y Vidal (2008), existen tres divisiones acerca del término, inventario:

- Inventario efectivo: corresponde a la posición del inventario y se obtiene de la suma entre el inventario en mano y los pedidos pendientes (por llegar) y quitarle las órdenes comprometidas (lo que se debe).
- Inventario neto: se extrae de la diferencia entre el inventario en mano y las órdenes pendientes de los clientes.
- Inventario de seguridad: es el inventario neto promedio, justo antes de la llegada de un pedido.

Se realiza un enfoque en la última definición, ya que este concepto permite visualizar el concepto del punto de re-orden, clave para un modelo probabilístico.

Para controlar el inventario de seguridad, se deben considerar las fluctuaciones existentes para la demanda durante el tiempo de reposición, que en términos técnicos hace referencia a la desviación estándar de los errores del pronóstico de la demanda total sobre el tiempo de reposición. Si se aumenta este nivel de seguridad, directamente se altera al nivel de servicio para nuestros clientes y de la misma manera aumenta el nivel de disponibilidad del producto. Los factores negativos radican en el incremento de los costos de mantener los inventarios. Incluso, se debe tomar en cuenta el ciclo de vida del producto para gestionar este stock de seguridad, ya que en etapas de introducción de un producto el stock deberá mantenerse alto; en la etapa de consolidación, el deber está en mantener un stock de seguridad bajo. (Babiloni, Carboneras, Guillem & Palmer, 2007).

Para la gestión de inventarios, se deberá establecer políticas de inventarios, en las que Bowersox (2007) expone que se deben especificar: la frecuencia de revisión de inventario, definir el momento en que se debe realizar una orden, y que cantidad se debe pedir; en general, definir los lineamientos que una organización deberá seguir, que tendrá toda la información necesaria para que se



puedan seguir dichas directrices y el abastecimiento sea oportuno y sea el más económico para cada uno de los grupos de interés de una organización.

Al definir un nivel apropiado de inventario de seguridad, Vera (2009) expone que es necesario considerar tres factores:

- I. Incertidumbre tanto de la demanda como de la oferta. – existe un particular en el manejo de la demanda, ya que, existe un componente sistemático, que sigue un patrón, y un componente aleatorio que será definido por la estimación de la desviación estándar del pronóstico o error del mismo.
- II. El nivel deseado de la disponibilidad del producto. – Niveles altos de disponibilidad, o bajos del mismo.
- III. Los valores de los excedentes y el valor de los faltantes.

### **2.2.1 COSTOS DE INVENTARIOS**

Sustentando el concepto de costos de gestión Aguilar (2009) y Vera (2009), la gestión de inventarios debe tener un manejo eficiente que le permita reducir financieramente, todos los costos excesivos generados por un mal manejo, una inexistencia de inventarios o almacenamiento extremo de inventarios.

Presentando un resumen y agrupando los costos de dicha gestión, Aguilar (2009) y Vera (2009) agrupan sus datos en los siguientes tres tipos de costos:

- Costo por manejo de inventarios

Dentro de este grupo, se tiene los costos generados por abastecimiento de inventario, por operación de estos y por las entradas y salidas de estos.

- a. Costos de oportunidad: costo generado al invertir un dinero en inventarios y tenerlo estático, versus lo que pudo ser utilizado para producir algo que tenga ganancias o rendimiento inmediato.
- b. Costos de operación: Gastos generados por mantener una bodega o por controlar los inventarios; personal, mantenimiento, instalaciones, entre otros.

- c. Costo de pedido: costo generado al realizar un abastecimiento de inventarios, normalmente es un valor constante si se maneja una cantidad óptima de pedido.

- Costo por inexistencia

Este costo no satisface a la clientela y genera una mala imagen en una organización, pues es el que se genera al no disponer lo que el cliente necesita en un determinado tiempo, ya sea, por falta de materia prima o producto terminado, pero qué a la final, representa un ingreso que pudo ser, que a la final es una pérdida por falta de inventario. Es conocido también como, costo por venta perdida.

Con los datos actuales, presentados en el capítulo de introducción, la cantidad de demanda que no se convierte en producto vendido, es del 30 por ciento, debido al nivel de servicio de la actualidad.

- Costo por almacenamiento de inventario

Es el costo generado, al considerar todo lo que se tiene que realizar, para poder almacenar un determinado producto. Personal, mantenimiento, seguridad, limpieza, energía, daños, impuestos y demás. Se rigen por dos variables, la cantidad existente y el tiempo en existencia de dicha cantidad.

Este costo es generado por la multiplicación del precio de un determinado bien (inventario), por un factor en porcentaje, que es calculado mediante la suma de las siguientes variables: tasa de almacenamiento físico, tasa de retorno de capital detenido por existencia, tasa de seguros del inventario, tasa de transporte, manejo y distribución, y tasa de obsolescencia del material.

Según los datos suministrados por el área financiera, los valores para el cálculo de la tasa de almacenamiento, son los siguientes:

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Tasa de almacenamiento físico:                   | 8,88 por ciento anual |
| Tasa de retorno de capital:                      | 9 por ciento anual    |
| Tasa de seguros del material:                    | 0,04 por ciento anual |
| Tasa de transporte, manipulación y distribución: | 3,26 por ciento anual |
| Tasa de obsolescencia del material:              | 3,08 por ciento anual |

Con estos datos, se fija la tasa de almacenamiento con el valor de 24,26 por ciento anual, que de acuerdo a los informes financieros de la organización, fue calculada para el promedio de la materia prima.

Al hablar de una empresa del sector metalmecánico, Aguilar (2009) y Vera (2009) sugieren que debido a que el factor demanda, es una incertidumbre, y el costo más alto de la gestión, es la materia prima, la tasa o el factor es alto, es decir que, para mantener un dólar de inventarios, la organización deberá invertir entre veinte y treinta centavos.

Los costos de la gestión de inventarios serán calculados mediante las fórmulas presentadas a continuación, expuestas por Vidal (2005):

$$\text{Costo Total Anual} = \text{Costo anual de ordenamiento} + \text{Costos por inexistencia} + \text{Costo anual de almacenamiento de inventarios} \quad (1)$$

El costo anual de ordenamiento viene expresado en la siguiente fórmula:

$$\text{Costo anual de ordenamiento} = \frac{D * A}{Q} \quad (2)$$

Donde:

D = Demanda, en unidades

A = costo de realizar un pedido, en \$/pedido

Q = Cantidad de pedido, en unidades

Se tiene la siguiente fórmula:

$$\text{Costo anual de almacenamiento de inventarios} = (\tilde{I}_{prom}) * v * r \quad (3)$$

Por concepto de inventario promedio:

$$\text{Inventario promedio } (\tilde{I}_{prom}) = \left( \frac{Q}{2} + k * \sigma_L \right) \quad (4)$$

Por ende,

$$\text{Costo anual de almacenamiento de inventarios} = \left( \frac{Q}{2} + k * \sigma_L \right) * v * r \quad (5)$$

Donde:

Q = Cantidad de pedido

K = Factor de seguridad

$\sigma_L$  = Desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición L, en unidades.

V = Costo unitario en \$/unidad.

R = Costo de mantenimiento del inventario, en %/año.

Finalmente, el rubro de costo por inexistencia se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo por inexistencia} = \left( \frac{D}{Q} * B_2 * v * \sigma_L * G_{u(k)} \right) \quad (6)$$

De la fórmula (1) se obtiene una fórmula final a ser utilizada, misma que queda de la siguiente manera:

$$\text{Costo Total Anual} = \frac{D * A}{Q} + \left( \frac{Q}{2} + k * \sigma_L \right) * v * r + \left( \frac{D}{Q} * B_2 * v * \sigma_L * G_{u(k)} \right) \quad (7)$$

Adicional a esta fórmula, se debe determinar la cantidad óptima de pedido (EOQ), por medio de la siguiente fórmula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * A}{r * V}}$$

(8)

Donde:

EOQ = Cantidad óptima de pedido, en unidades

D = Demanda, en unidades

A = Costo por realizar un pedido

V = Costo unitario en \$/unidad.

R = Costo de mantenimiento del inventario, en %/año.

Con estas fórmulas en el capítulo de resultados, se observará la variación de la gestión actual versus el modelo propuesto.

### 2.3 MODELOS DE INVENTARIOS

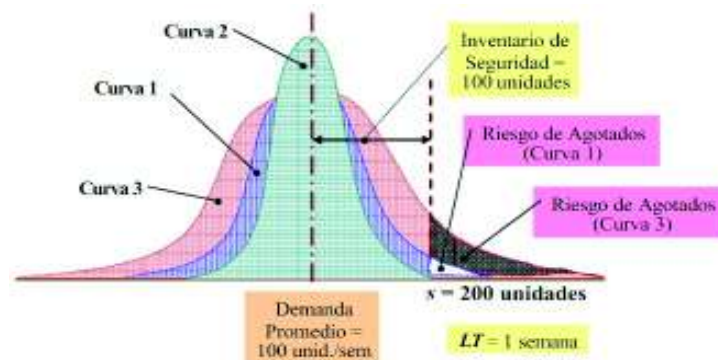
Según Vidal (2005) existen cuatro sistemas de control probabilístico, mismos que son explicados a continuación con breves detalles, ya que, el solicitado por la empresa será uno de los propuestos por el autor:

- I. Sistema (s, Q): es un sistema de control continuo, en el cuál, el momento en el que el inventario efectivo cae al punto de re-orden "s" o por debajo del mismo, se realiza un pedido de una cantidad fija "Q".
- II. Sistema (s, S): en este sistema de control continuo, en el momento en que el inventario efectivo cae al punto de re-orden "s", o por debajo del mismo, se realiza un pedido por una cantidad que incremente el inventario hasta su nivel máximo "S".
- III. Sistema (R, S): este es un sistema de control periódico, que hace referencia al ciclo de reposición. Cada "R" unidades de tiempo, se verifica el inventario efectivo, y se solicita una cantidad tal que este inventario alcance el nivel máximo "S".

- IV. Sistema (R, s, S): combinación entre los dos anteriores, lo que hace este modelo es definir para cada “R” unidades de tiempo, una revisión del inventario efectivo. Si el valor del mismo es menor o igual que el punto de re-orden “s”, se solicita una cantidad que lleve al inventario a su nivel máximo “S”. Si el nivel de inventario efectivo es mayor que “s”, no se realiza ningún pedido hasta que se llegue nuevamente al período “R” y se haga una nueva revisión del inventario efectivo.

Existen tres tipos de criterios que se deben definir previo a una selección de inventarios de seguridad para el caso de ítems individuales, ya que el control de este inventario alto y el inventario bajo brindará la oportunidad de tener un nivel de servicio adecuado:

- I. Criterios de factores constantes. – definir períodos de tiempo o demandas constantes, en los cuáles se haga una revisión sistemática para el nivel de inventario de seguridad; en estos criterios se omite la variabilidad de la demanda, entonces se ignora un factor que puede perjudicar nuestro análisis.



**Figura 2** - Error al definir inventario de seguridad solo con base en la demanda.

**Fuente:** Vidal, 2005, pág. 147

En esta imagen se observa que se genera un inventario de seguridad correspondiente al doble de la demanda promedio, pero no se estipula ni se considera la variabilidad de la demanda.

II. Criterios basados en costo de faltantes. – se busca definir cuáles son los costos que la organización está pagando o está asumiendo por tener faltantes dentro de sus entregas.

III. Criterio basado en el servicio al cliente. – se define simplemente el nivel de servicio que quiero ofrecer para mi cliente, y se controla este factor como principal agente para la toma de decisiones de abastecimiento.

En la implementación de estos modelos de inventario, se asume que el valor de algunos parámetros es constante y conocido con certeza, sin embargo, esto no pasa en la realidad. Tepepa, expone que en el diseño y la implementación de estos modelos, se deben considerar tres factores que representan un reto para su ejecución:

I. De qué forma integrar en estos modelos, el concepto de incertidumbre, llevándolo a la práctica.

II. De cuánto impacto económico se tendrá debido a la incertidumbre.

III. Cómo tomar en cuenta el efecto que tiene la variación de los demás parámetros, en el impacto económico del parámetro incierto.

Para el desarrollo de la presente investigación, se tomó el criterio basado en el nivel de servicio ofrecido por la organización, pues es el criterio más ajustado a sus objetivos productivos y comerciales y a la filosofía implementada por la Gerencia de Operaciones. De igual manera, queda planteado, que el factor incertidumbre queda pendiente para su implementación.

### **2.3.1 MODELO (s, Q)**

En primera instancia, es ya conocido, que la toma de decisiones se daría en un momento en el cual, las variables tienden a estar bajo incertidumbre, y que por lo tanto se puede optar por un árbol de decisiones. Para sustentar dicho concepto, Ballou (2004) menciona que se pueden incluir varias opciones para un parámetro clave que el modelo (s, Q) presenta, el tamaño de pedido, en dónde en base a esto, el parámetro incierto estará bajo supuestos sucesos en los cuáles se asignen probabilidades de ocurrencia. Implementado este modelo, la alternativa

óptima, tamaño de lote, genera que las decisiones sean minimizadas para el valor de llevar inventario. El modelo analizado será el modelo  $(s, Q)$ , con sus cinco variantes:

- Cuando se tiene el costo especificado por cada ocasión en la que ocurren faltantes.
- Cuando se tiene el costo especificado por cada unidad de faltante.
- Cuando se tiene el costo especificado por cada unidad de faltante por unidad de tiempo.
- Probabilidad especificada de no tener un faltante por cada ciclo de reposición.
- Cuando se tiene la fracción especificada de la demanda a ser satisfecha del inventario a la mano.

Como parte de la definición de nivel de servicio, Vidal (2005) menciona que se puede referir a la probabilidad de que en cada ciclo (definido por quien brinda el servicio), no exista un agotado. Para fines de la investigación y por los intereses de la organización en cuestión, se controlará el inventario de seguridad basado en el servicio al cliente mediante la fracción especificada de la demanda mensual a ser satisfecha del inventario en mano.

En segunda instancia, el tema factores económicos generados por esta incertidumbre está controlado por este modelo, ya que se hace énfasis a los costos en los que se puede incurrir. El modelo presenta costos especificados por las ocasiones en las que se incurra en incumplimientos de entregas. Se presenta también el costo por unidad incumplida, que repercute en la rentabilidad de una organización. Por último, el costo de cada una de estas unidades se relaciona al factor tiempo, por lo tanto, la referencia a costos se define en cada variante. Con esto dicho, el término Costo Total Relevante (TRC) puede ser calculado por la persona que realice la implementación, y es así como el factor económico es considerado.



Para el caso de la variación existente en los demás factores, debido a la incertidumbre del factor en cuestión, esto podrá ser visto en las variantes del modelo. Aquí se detallan las variables manejadas en este modelo:

- D: Demanda media por unidad de tiempo
- L: Tiempo de reposición
- $\sigma_D$ : Desviación estándar de la demanda por período
- DL: Demanda media durante el tiempo de entrega
- $\sigma_L$ : Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega
- CSL: Nivel de servicio del ciclo
- ss: Inventario de seguridad
- ROP: Punto de re-orden

Dentro de este modelo, ingresa también el concepto de punto de re-orden (ROP, por sus siglas en inglés), que va a ser definido por las siguiente fórmulas, expresadas en Vidal (2005):

$$ROP = D * L + k * \sigma_L \quad (9)$$

Donde,

ROP = Punto de re-orden

D = Demanda, en unidades

L = *lead time*, o tiempo de reposición, en meses/años.

K = factor de seguridad.

$\sigma_L$  = Desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición **L**, en unidades

$$\sigma_L = \sigma_D * \sqrt{L} \quad (10)$$

Donde,

$\sigma_D$  = Desviación estándar de la demanda, en unidades

$L$  = *lead time*, o tiempo de reposición, en meses/años.

También se define la fórmula para el cálculo del factor  $G_{u(k)}$ :

$$G_{u(k)} = \frac{Q}{\sigma_L} * \left( \frac{1 - P2}{P2} \right) \quad (11)$$

Donde:

$Q$  = Cantidad óptima de pedido, en unidades

$\sigma_L$  = Desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición  $L$ , en unidades.

$P2$  = nivel de servicio.

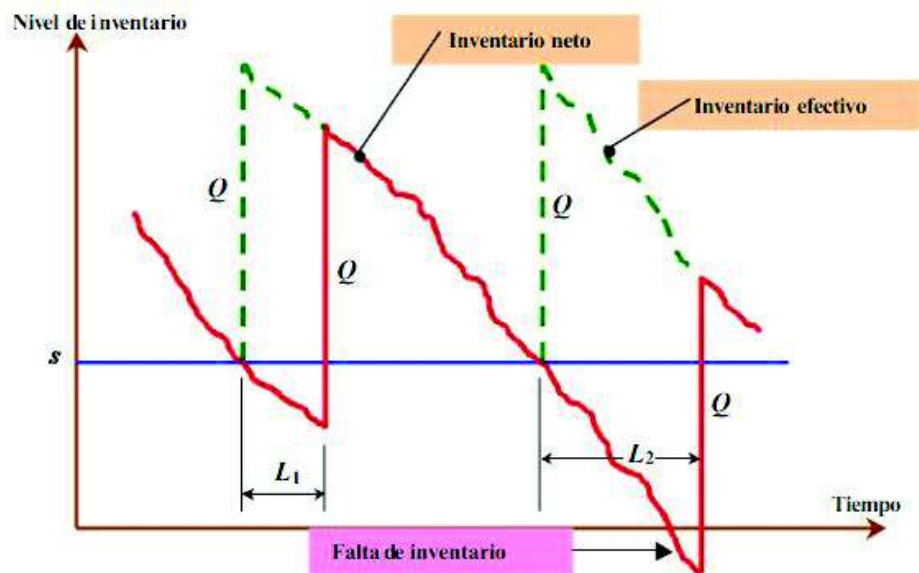
Con el control de estas variantes, se puede considerar las variaciones existentes para analizar y calcular el impacto económico de los cambios del factor incierto.

Dicho esto, se revisa cuáles son los supuestos a tomar en cuenta, para el modelo  $(s, Q)$ , en donde se encuentra una definición clara y resumida de los factores.

Para empezar, se supone que la demanda promedio varía poco en el tiempo y que se encuentra distribuida normalmente con una media  $D$  y una desviación estándar  $\sigma D$ . En este caso, se asume que se va a realizar un pedido cuando el inventario efectivo sea igual al valor de ROP (Punto de re-orden), y se va a solicitar la cantidad óptima, calculada con el modelo EOQ. Cuando una organización implementa un modelo  $(s, Q)$ , es porque se encuentra en la búsqueda de niveles de servicio altos, ya que, los errores de pronóstico tienen una distribución normal sin sesgo, con desviación estándar  $\sigma L$ , y con un lead time ( $L$ ). Dicha desviación estándar  $\sigma D$ , se estima a través de sistemas de pronósticos. Cabe recalcar qué, si se establece una clasificación de inventarios, los productos dentro de la clase B, estarán beneficiados con este modelo.

Para los fines de la investigación, al revisar las variantes, se completa el concepto del modelo, y posterior a eso se realizará un análisis sobre qué variantes existen a la hora de implementar un modelo que consiste en verificar el “cuándo” de una

operación clave en una organización, como lo es el abastecimiento de su materia prima, insumos, o demás elementos que se consideren como importantes.



**Figura 3** - Nivel de inventario con respecto al tiempo en modelo  $(s, Q)$ .

**Fuente:** Vidal, 2005, pág. 141

En la figura 3 Vidal (2005), menciona: “Recuérdese qué en este sistema de revisión continua, tan pronto el inventario efectivo llega al nivel de re-orden  $s$ , se emite un pedido por la cantidad  $Q$ . Gráficamente, la Figura representa el proceso del nivel de inventario con respecto del tiempo. La cantidad de pedido  $Q$  se considera fija y determinada con anterioridad, con base en uno de los métodos. Aunque se muestran diferentes tiempos de reposición ( $L_1$  y  $L_2$ ), en este sistema de control se asume inicialmente que el lead time es constante conocido e igual a  $L$ . Se representa de esta forma sólo por mostrar el caso más general cuando el tiempo de reposición puede ser en sí una variable aleatoria.”

La notación básica para este modelo según Vidal, es la siguiente:

- D            Demanda, en unidades/año.
- $G_u(K)$     Función especial de la distribución normal  $N(0,1)$
- $k$             Factor de seguridad
- $L$             Tiempo de reposición en años.

|            |  |
|------------|--|
| Pu(K)      | Probabilidad de que la normal unitaria $N(0,1)$ tome un valor mayor o igual a $k$                      |
| Q          | Tamaño del pedido, en unidades.  |
| r          | Costo de mantenimiento del inventario, en %/año  |
| s          | Punto de re-orden, en unidades.  |
| SS         | Inventario de seguridad, en unidades.  |
| v          | Valor unitario, en \$/unidad.  |
| XL         | Demanda esperada sobre el tiempo   |
| $\sigma_L$ | Desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición $L$ , en unidades. |

### 3 METODOLOGÍA

Para desarrollar la investigación, resulta necesario manejar datos cuantitativos de la organización que, junto con los históricos recopilados del precio del acero, muestran el modelo de gestión actual que se basa mucho en la experiencia a lo largo del tiempo. La razón de esto es debido a que según los números internacionales y la información obtenida sobre las constantes operaciones de la organización, las decisiones de abastecimiento de la misma, han sido muy apegadas a las variaciones en el precio del acero, teniendo la filosofía de que si está caro, compro lo justo, y si está barato, me descontrolo. El personal que se ha movido dentro de este ambiente, desde su experiencia, ha expresado su descontento a través de la gerencia de la organización, y es por esto, que la investigación fue bien recibida.

En la organización, se manejan alrededor de treinta y ocho tipos de materia prima, incluyendo en cada tipo de materia prima una cantidad interesante de variaciones, generada precisamente por el espesor del material. Independientemente de esto, el análisis económico permitirá centrar la tesis en los productos de mayor riesgo (en total once) que serán los productos críticos sobre los cuales el modelo entregado hará énfasis.

En la introducción y en el marco teórico se presentan inicialmente datos que reflejan la situación actual del sector metalmeccánico, de sus usuarios, de esa manera analizar la demanda que puede tener el sector, y esto es verificado con la demanda mensual presentada por el área comercial de la misma organización. Los datos recopilados del área de comercio exterior permiten realizar una comparación entre once tipos de materias primas, los que presentan variaciones representativas, con sus respectivos costos y expresadas dichas variaciones. Este simple modelo experimental, teóricamente mal aplicado, ha permitido generar un abastecimiento a la organización; sin embargo, la investigación propone un análisis de la situación actual, empezando por analizar la demanda, analizar los datos de entrada de la gestión, presentar modelos de gestión de inventarios, posteriormente verificar los costos en los que incurre la gestión actual

de este inventario. Previo a la investigación, el marco teórico fue presentado a la alta gerencia, para poder dar paso a la misma, y poder tomar la decisión del modelo deseado, de acuerdo con sus intereses. Esto permitió que se presente el modelo (s, Q) con la variante escogida por la organización que en este caso será la del porcentaje de demanda a cumplir; posteriormente se realiza el mismo análisis financiero de los costos de gestión, para qué al final a través de los resultados se presente un cuadro comparativo en la cual se demuestra que modelo es ideal, y qué valores o que variables tienen más peso o generan diferentes conclusiones para tomar en cuenta durante la gestión. El controlar estas variables permitirá que el método sea eficaz y sencillo de comprender para los usuarios.

Como se mencionó, en el capítulo anterior el modelo de gestión actual se basa en aprovechar las oportunidades de materia prima; es decir, abastecimiento abundante cuando el precio del acero es bajo, y abastecimiento extremadamente limitado, cuando el precio del acero es alto. Finalmente, no se tiene definido el punto de reorden, sino que los pedidos son realizados trimestralmente al ser este, el tiempo de reposición.

El departamento de comercio exterior entregó información acerca de los proveedores, y en promedio, se manejan tres meses de entrega a partir de la solicitud, entonces quiere decir qué si se pretende obtener un producto, se debe tener tres meses de stock, o en el peor de los casos esperar aproximadamente los mismos tres meses para poder producir y fabricar dicho producto, ya que el sobredimensionar la bodega de materia prima, haría que los costos de almacenamiento se incrementen.

Se pretende, con este tipo de investigación de alcance explicativo, con un análisis de la causa y de los factores que implican un costo para la gestión de inventarios. Basados en la situación actual, se obtuvieron los primeros resultados, y versus ellos, se aplicará los conceptos de la gestión de inventarios escogida, para hacer una proyección de esta, en donde se observará un modelo que permite tener un

manejo controlado de los inventarios con base en los intereses directos de servicio de parte de la organización, guiados por una demanda constante. Lo que se pretende hacer, es tomar los datos económicos existentes, y evaluar el incremento de los costos de gestión que está generando el administrar los inventarios de una manera tradicional, definir los parámetros que se deben controlar internamente, y entregar un horizonte al nuevo modelo, para que los parámetros externos sean controlados de manera automática, y la organización solamente deba estudiar la demanda y definir el nivel de servicio a entregar.

La investigación será experimental, ya que, las proyecciones sobre ambos modelos exigen que las variables a manejarse sean analizadas y se deben verificar sus consecuencias, para poder tomar una decisión o realizar una elección de una de las dos opciones a estudiarse.

Las técnicas de recolección de información utilizadas se darán a través de la recopilación de datos económicos (costos de gestión de inventarios, demanda generada) de los últimos tres años, acoplados en un análisis horizontal, haciendo énfasis a los resultados obtenidos por cada tipo de materia prima, con el único objetivo de identificar las variables de riesgo y controlar los índices de rentabilidad. Los datos adicionales que corresponden a proveedores, tiempo de reposición, serán entregados por el área de comercio exterior de la organización.

Y como segunda técnica, se tiene la recopilación de costos de materia prima por cada uno de los tres años de análisis, que serán contrastados con el historial del precio del acero en cada año, correspondiente al indicador LME, con el afán de obtener información de épocas pasadas en las que se tomaron decisiones importantes para el futuro de la organización.

Como se explicó en la introducción, la organización cuenta con una participación del 25 por ciento en el mercado nacional y de los exportadores puntuales del país representa aproximadamente el 50 por ciento de las ventas. Con más de 600 empleos directos, tiene una participación importante dentro de la industria

ecuatoriana y por ende, este estudio tendrá una importante aplicación dentro del sector, ya que permite una implementación en los dos grandes mercados del sector metalmecánico, productos de stock y de no stock (bajo pedido).

Estas técnicas permitirán que la tesis se desarrolle en un ambiente netamente cuantitativo, incluyendo datos históricos que permitirán desarrollar una mejor estrategia en la cual cada uno de los factores tenga su índice de influencia y su peso sobre la decisión final.

Con la información presentada en el capítulo anterior sobre la demanda de productos y gracias a las fórmulas (Vidal, 2005) se puede calcular los costos generados por la gestión actual de inventarios y el modelo propuesto.

Se realiza un análisis comparativo de los dos casos, para poder identificar que opción, sistema actual o modelo (s, Q), genera los menores costos de inventarios.

Posteriormente, la comparación de dichos costos entregará la respuesta a la investigación, con la cual, la hipótesis presentada se sustenta.



## 4 RESULTADOS

En este capítulo, se demuestra de manera lógica y objetiva, que los intereses del mercado internacional han ido marcando el ritmo de trabajo de los fabricantes y productores, poniendo un ejemplo práctico sobre once tipos de acero utilizado por la organización contemplada dentro de este caso. Se presentan los costos generados por la gestión actual de inventarios de este ente privado, se plantea el modelo de interés, mismo que definirá una política para manejar los inventarios, se detallarán los costos de la nueva gestión, y por último se analizan ambas situaciones, con el único objetivo, definir una mejor solución para la organización; y que los resultados puedan servir como ejemplo de que el modelo actual no es el óptimo, sino que se puede generar una política que beneficie a cada una de las empresas de la industria.

En la Tabla 2, se coloca un resumen en el cual, se expone el tipo de materia prima junto con el mayor y menor precio, en dólares por kilogramo, realizando una revisión de los datos históricos obtenidos entre todos los meses de los años 2016 y 2017 y el primer trimestre del año 2018. Finalmente se hace una comparación entre estos dos rubros, para visualizar cuál ha sido el porcentaje de variación existente entre estos veinte y siete meses.

**Tabla 2** - Precios máximo y mínimo de los últimos tres años (2016 - 2018).

| <b>MATERIA PRIMA</b> | <b>PRECIO MAX</b> | <b>PRECIO MIN</b> | <b>% VARIACIÓN</b> |
|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| PPT 1.5              | 1,790             | 0,823             | 217%               |
| PPT 1.8              | 1,764             | 0,770             | 229%               |
| PPT 2.0              | 2,393             | 0,770             | 311%               |
| PPT 2.2              | 1,662             | 0,749             | 222%               |
| PPT 2.54             | 1,714             | 1,046             | 164%               |
| PPT 2.72             | 1,653             | 1,379             | 120%               |
| PPT 3.0              | 1,713             | 0,746             | 230%               |
| PPT 3.15             | 1,653             | 1,072             | 154%               |
| PPT 3.7              | 1,644             | 1,054             | 156%               |
| PPT 4.0              | 1,713             | 1,170             | 146%               |
| PPT 5.5              | 1,644             | 1,004             | 164%               |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváz

Particularmente en la organización, se han presentado varias situaciones, en donde el costo de la materia prima utilizada llega a duplicarse y hasta triplicarse, situación que puede ser apreciada en la Tabla 2; sin embargo, los directivos han llegado a considerar, según su modelo de gestión actual, que se requiere suerte para tomar decisiones contundentes, un tanto tardías, pero seguras. En su experiencia, cuando se han tomado decisiones a largo plazo, se sufren varios desajustes en el flujo de caja de la organización a la cual representa. Por el contrario, al manejar decisiones seguras en el corto plazo sin estar pensando en tener un pronóstico anual, sino que comprar la materia prima a bajo costo y simplemente venderla, les ha generado buenos resultados.

Contrastando las variaciones del capítulo de marco teórico presentadas en la Tabla 1, en la figura 1 se puede evidenciar para un tipo de materia prima, que el indicador LME ha ido alterándose de una manera incontrolable y no predecible, lo cual obligó a la organización, a abastecerse a pesar del costo planteado, sin ninguna política de inventarios.

#### **4.1 COSTOS DE LA GESTIÓN ACTUAL, PARA LOS ONCE TIPOS DE MATERIA PRIMA**

Como en esta gestión actual no se cuenta con una cantidad de pedido ( $Q$ ) determinada para cada pedido, la cantidad de pedido es la demanda trimestral, por ser tres meses el tiempo de reposición. Se expresa en los resultados de la Tabla 3, la cantidad de pedido para los once tipos de materia prima analizados. Se toma un promedio del precio del acero de todos los meses analizados, para efectos de cálculo de la investigación.

La cantidad óptima de pedido para cada materia prima (once tipos), es calculada y detallada en la Tabla 3 con el soporte de la fórmula (8), en función de la demanda anual establecida por el departamento comercial de la organización, el costo de pedido que actualmente maneja el departamento de comercio exterior, la

variable por costo de mantenimiento calculada en la presente investigación con soporte del área financiera de la organización, y el costo unitario de la materia prima, dato real obtenido de igual manera del departamento de comercio exterior. Esta cantidad óptima de pedido actualmente no es calculado, sino que, para la gestión actual, el abastecimiento es la demanda trimestral exacta.

**Tabla 3** – Cálculo de cantidad óptima de pedido para gestión actual.

| Materia Prima (MP) | Demanda anual (D) | Costo de pedido (A) | Costo mantenimiento anual (.r) | Costo unitario (\$/kilogramo) | Cantidad óptima de pedido (Q) |
|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| PPT 1.5            | 1356              | \$ 150,00           | 24,26%                         | \$ 1,31                       | 1133                          |
| PPT 1.8            | 960               | \$ 125,00           | 24,26%                         | \$ 1,27                       | 884                           |
| PPT 2.0            | 600               | \$ 100,00           | 24,26%                         | \$ 1,58                       | 559                           |
| PPT 2.2            | 1800              | \$ 250,00           | 24,26%                         | \$ 1,21                       | 1754                          |
| PPT 2.54           | 7320              | \$ 250,00           | 24,26%                         | \$ 1,38                       | 3306                          |
| PPT 2.72           | 6168              | \$ 200,00           | 24,26%                         | \$ 1,52                       | 2590                          |
| PPT 3.0            | 2928              | \$ 300,00           | 24,26%                         | \$ 1,23                       | 2427                          |
| PPT 3.15           | 960               | \$ 150,00           | 24,26%                         | \$ 1,36                       | 933                           |
| PPT 3.7            | 2316              | \$ 300,00           | 24,26%                         | \$ 1,35                       | 2061                          |
| PPT 4.0            | 1200              | \$ 200,00           | 24,26%                         | \$ 1,44                       | 1172                          |
| PPT 5.5            | 3600              | \$ 200,00           | 24,26%                         | \$ 1,32                       | 2117                          |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez

Con estas cantidades Q, se puede verificar, cuáles son los costos de la gestión actual, en dónde entra el concepto de nivel de servicio, debido a que la desviación de la demanda ha sido determinada por área comercial, de acuerdo al porcentaje de disponibilidad de producto que se ofrece a la clientela.

Los costos van a ser calculados con soporte de la fórmula (7) por las variables determinadas actualmente por la organización, dependiendo de sus proveedores, los precios que se manejen, los costos de pedido, y fijando como constante el factor de mantenimiento en 24,26% por ciento, calculado en el capítulo de marco teórico. Dicho esto, se muestran los costos de gestión, en la Tabla 4:

$$\text{Costo Total Anual} = \frac{D * A}{Q} + \left( \frac{Q}{2} + k * \sigma_L \right) * v * r + \left( \frac{D}{Q} * B_2 * v * \sigma_L * G_{u(k)} \right) \quad (7)$$

$$G_{u(k)} = \frac{Q}{\sigma_L} * \left( \frac{1 - P_2}{P_2} \right) \quad (11)$$

Cabe recalcar, que el factor k, de acuerdo con la fórmula (11), arroja un valor de 0,244518, pues el nivel de servicio actual es de 70 por ciento.

La fracción estimada del costo por unidad faltante (B2) es de 0,04 del precio unitario. Esta fracción es definida por el área financiera.

**Tabla 4** - Costos de la gestión de inventarios actual.

| Materia Prima (MP) | Demanda anual (D) | Costo de pedido (A) | Costo mantenimiento anual (.r) | Costo unitario (\$/kilogramo) | Cantidad actual de pedido (Q) | Desviación demanda (sigma) | Costo Total Anual de Gestión |
|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| PPT 1.5            | 1356              | \$ 150,00           | 24,26%                         | \$ 1,31                       | 339                           | 407                        | \$ 724,93                    |
| PPT 1.8            | 960               | \$ 125,00           | 24,26%                         | \$ 1,27                       | 240                           | 288                        | \$ 584,95                    |
| PPT 2.0            | 600               | \$ 100,00           | 24,26%                         | \$ 1,58                       | 150                           | 180                        | \$ 471,39                    |
| PPT 2.2            | 1800              | \$ 250,00           | 24,26%                         | \$ 1,21                       | 450                           | 540                        | \$ 1.149,26                  |
| PPT 2.54           | 7320              | \$ 250,00           | 24,26%                         | \$ 1,38                       | 1830                          | 2196                       | \$ 1.725,07                  |
| PPT 2.72           | 6168              | \$ 200,00           | 24,26%                         | \$ 1,52                       | 1542                          | 1850                       | \$ 1.492,98                  |
| PPT 3.0            | 2928              | \$ 300,00           | 24,26%                         | \$ 1,23                       | 732                           | 878                        | \$ 1.449,11                  |
| PPT 3.15           | 960               | \$ 150,00           | 24,26%                         | \$ 1,36                       | 240                           | 288                        | \$ 693,49                    |
| PPT 3.7            | 2316              | \$ 300,00           | 24,26%                         | \$ 1,35                       | 579                           | 695                        | \$ 1.422,60                  |
| PPT 4.0            | 1200              | \$ 200,00           | 24,26%                         | \$ 1,44                       | 300                           | 360                        | \$ 925,99                    |
| PPT 5.5            | 3600              | \$ 200,00           | 24,26%                         | \$ 1,32                       | 900                           | 1080                       | \$ 1.137,55                  |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváz

## 4.2 MODELO (s, Q) PROPUESTO

Para generar nuestro modelo (s, Q), con nivel de servicio conocido, se debe entender qué es lo que se define para una demanda constante, es decir, la política de inventarios, misma que estará guiada por la frecuencia de revisión del inventario, cuándo se realiza un pedido, y que cantidad de lote debo pedir para abastecerme.

Esta propuesta actual y que se busca mejorar en la organización, es un modelo de control de inventarios basado en el servicio al cliente, es así que, en esta investigación se ha optado por poner como requisito un valor específico de nivel de servicio, que representa esa fracción determinada de la demanda, que se puede satisfacer a tiempo, por contar con el inventario en mano. Esta fracción también determinará, el porcentaje de ventas que no van a poder ser cubiertas o satisfechas, debido a una falta de material, que será el riesgo que la organización esté dispuesto a correr o a manejar.

Adicional se recuerda la fórmula (7), expresada en el capítulo de marco teórico:

$$\text{Costo Total Anual} = \frac{D * A}{Q} + \left( \frac{Q}{2} + k * \sigma_L \right) * v * r + \left( \frac{D}{Q} * B_2 * v * \sigma_L * G_{u(k)} \right) \quad (7)$$

Con estos conceptos, se plantea el modelo, y calcular los costos de gestión, para comparar las dos situaciones y poder emitir sugerencias sobre la gestión de inventarios en el sector metalmecánico.

### 4.2.1 MODELO (s, Q), COSTOS DE LA GESTIÓN

Una vez presentado el modelo de gestión de inventarios, se procede a calcular los costos de una supuesta gestión en donde esté implementado el modelo. Para cada uno de los once tipos de materia prima. se presenta el cuadro para cada tipo de materia prima, con los datos necesarios para el cálculo: demanda (D), desviación de la demanda (SigmaD), tiempo de reposición (L), tipo de materia

prima, valor unitario ( $v$ ), costo de pedido ( $A$ ), tasa de almacenamiento anual ( $r$ ), nivel de servicio ( $SL = P2$ ) y fracción especificada por costo de faltante ( $B2$ ).

Con base en la fórmula para el cálculo de costos, fórmula (7), y apoyados de las fórmulas (9) y (10), para el cálculo del punto de re-orden y de la desviación estándar del error pronosticado, se obtienen los resultados de los costos de la gestión del modelo propuesto.

Adicional, cabe recalcar que con el uso de las tablas de la distribución normal que serán colocadas como anexos de la investigación, contempladas en Vidal (2005), se obtiene el valor del factor  $K$ , ya que  $Gu(K)$  es un valor calculado en la investigación, con la fórmula (11).

En la Tabla 5, se presentan los datos para la materia prima PPT 1.5:

**Tabla 5** – Datos modelo ( $s$ ,  $Q$ ) para materia prima PPT 1.5.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP      | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2     |
|------|------------|---------|---------|----------|---------------|----------|---------|--------|
| 1356 | 407        | 3       | PPT 1.5 | 1,31     | 150           | 0,2426   | 0,85    | 0,0524 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 6, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 1.5:

**Tabla 6** – Costos modelo ( $s$ ,  $Q$ ) para materia prima PPT 1.5.

|               |           |
|---------------|-----------|
| <b>XL</b>     | 339       |
| <b>EOQ</b>    | 1131      |
| <b>SigmaL</b> | 705       |
| <b>Gu (K)</b> | 0,283     |
| <b>K</b>      | 0,26      |
| <b>ROP</b>    | 522       |
| <b>TCR</b>    | \$ 434,23 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 7, se presentan los datos para la materia prima PPT 1.8:

**Tabla 7** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.8.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP      | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2      |
|------|------------|---------|---------|----------|---------------|----------|---------|---------|
| 960  | 288        | 3       | PPT 1.8 | 1,267    | 125           | 0,2426   | 0,85    | 0,05068 |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez

En la Tabla 8, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 1.8:

**Tabla 8** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 1.8.

|               |           |
|---------------|-----------|
| <b>XL</b>     | 240       |
| <b>EOQ</b>    | 884       |
| <b>SigmaL</b> | 499       |
| <b>Gu (K)</b> | 0,313     |
| <b>K</b>      | 0,185     |
| <b>ROP</b>    | 332       |
| <b>TCR</b>    | \$ 310,86 |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez

En la Tabla 9, se presentan los datos para la materia prima PPT 2.0:

**Tabla 9** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.0.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP      | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2      |
|------|------------|---------|---------|----------|---------------|----------|---------|---------|
| 600  | 180        | 3       | PPT 2.0 | 1,5815   | 100           | 0,2426   | 0,85    | 0,06326 |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez

En la Tabla 10, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 2.0:

**Tabla 10** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.0.

|               |           |
|---------------|-----------|
| <b>XL</b>     | 150       |
| <b>EOQ</b>    | 559       |
| <b>SigmaL</b> | 312       |
| <b>Gu (K)</b> | 0,316     |
| <b>K</b>      | 0,18      |
| <b>ROP</b>    | 206       |
| <b>TCR</b>    | \$ 246,68 |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez

En la Tabla 11, se presentan los datos para la materia prima PPT 2.2:

**Tabla 11** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.2.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP      | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2      |
|------|------------|---------|---------|----------|---------------|----------|---------|---------|
| 1800 | 540        | 3       | PPT 2.2 | 1,2055   | 250           | 0,2426   | 0,85    | 0,04822 |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez

En la Tabla 12, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 2.2:

**Tabla 12** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.2.

|               |           |
|---------------|-----------|
| <b>XL</b>     | 450       |
| <b>EOQ</b>    | 1754      |
| <b>SigmaL</b> | 935       |
| <b>Gu (K)</b> | 0,331     |
| <b>K</b>      | 0,14      |
| <b>ROP</b>    | 581       |
| <b>TCR</b>    | \$ 569,80 |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez

En la Tabla 13, se presentan los datos para la materia prima PPT 2.54:

**Tabla 13** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.54.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP       | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2     |
|------|------------|---------|----------|----------|---------------|----------|---------|--------|
| 7320 | 2196       | 3       | PPT 2.54 | 1,38     | 250           | 0,2426   | 0,85    | 0,0552 |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez

En la Tabla 14, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 2.54:

**Tabla 14** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.54.

|               |             |
|---------------|-------------|
| <b>XL</b>     | 1830        |
| <b>EOQ</b>    | 3306        |
| <b>SigmaL</b> | 3804        |
| <b>Gu (K)</b> | 0,153       |
| <b>K</b>      | 0,66        |
| <b>ROP</b>    | 4340        |
| <b>TCR</b>    | \$ 2.045,54 |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborado por:** Jean Narváez



En la Tabla 15, se presentan los datos para la materia prima PPT 2.72:

**Tabla 15** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.72.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP       | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2      |
|------|------------|---------|----------|----------|---------------|----------|---------|---------|
| 6168 | 1850       | 3       | PPT 2.72 | 1,516    | 200           | 0,2426   | 0,85    | 0,06064 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 16, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 2.72:

**Tabla 16** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 2.72.

|        |             |
|--------|-------------|
| XL     | 1542        |
| EOQ    | 2590        |
| SigmaL | 3204        |
| Gu (K) | 0,143       |
| K      | 0,70        |
| ROP    | 3785        |
| TCR    | \$ 1.877,82 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 17, se presentan los datos para la materia prima PPT 3.0:

**Tabla 17** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 3.0.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP      | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2      |
|------|------------|---------|---------|----------|---------------|----------|---------|---------|
| 2928 | 878        | 3       | PPT 3.0 | 1,2295   | 300           | 0,2426   | 0,85    | 0,04918 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 18, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 3.0:

**Tabla 18** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 3.0.

|        |           |
|--------|-----------|
| XL     | 732       |
| EOQ    | 2427      |
| SigmaL | 1521      |
| Gu (K) | 0,282     |
| K      | 0,26      |
| ROP    | 1127      |
| TCR    | \$ 873,11 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 19, se presentan los datos para la materia prima PPT 3.15:

**Tabla 19** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 3.15.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP       | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2     |
|------|------------|---------|----------|----------|---------------|----------|---------|--------|
| 960  | 288        | 3       | PPT 3.15 | 1,3625   | 150           | 0,2426   | 0,85    | 0,0545 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 20, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 3.15:

**Tabla 20** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 3.15.

|        |           |
|--------|-----------|
| XL     | 240       |
| EOQ    | 933       |
| SigmaL | 499       |
| Gu (K) | 0,330     |
| K      | 0,145     |
| ROP    | 312       |
| TCR    | \$ 345,02 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 21, se presentan los datos para la materia prima PPT 3.7:

**Tabla 21** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 3.7.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP      | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2      |
|------|------------|---------|---------|----------|---------------|----------|---------|---------|
| 2316 | 695        | 3       | PPT 3.7 | 1,349    | 300           | 0,2426   | 0,85    | 0,05396 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 22, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 3.7:

**Tabla 22** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 3.7.

|        |           |
|--------|-----------|
| XL     | 579       |
| EOQ    | 2061      |
| SigmaL | 1204      |
| Gu (K) | 0,302     |
| K      | 0,21      |
| ROP    | 832       |
| TCR    | \$ 786,83 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 23, se presentan los datos para la materia prima PPT 4.0:

**Tabla 23** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 4.0.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP      | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2      |
|------|------------|---------|---------|----------|---------------|----------|---------|---------|
| 1200 | 360        | 3       | PPT 4.0 | 1,4415   | 200           | 0,2426   | 0,85    | 0,05766 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 24, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 4.0:

**Tabla 24** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 4.0.

|        |           |
|--------|-----------|
| XL     | 300       |
| EOQ    | 1172      |
| SigmaL | 624       |
| Gu (K) | 0,332     |
| K      | 0,14      |
| ROP    | 387       |
| TCR    | \$ 457,85 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 25, se presentan los datos para la materia prima PPT 5.5:

**Tabla 25** – Datos modelo (s, Q) para materia prima PPT 5.5.

| D(u) | SigmaD (u) | L (mes) | MP      | v (\$/u) | A (\$/pedido) | r(anual) | SL = P2 | B2      |
|------|------------|---------|---------|----------|---------------|----------|---------|---------|
| 3600 | 1080       | 3       | PPT 5.5 | 1,324    | 200           | 0,2426   | 0,85    | 0,05296 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

En la Tabla 26, se presentan los costos del modelo, para materia prima PPT 5.5:

**Tabla 26** – Costos modelo (s, Q) para materia prima PPT 5.5.

|        |             |
|--------|-------------|
| XL     | 900         |
| EOQ    | 2117        |
| SigmaL | 1871        |
| Gu (K) | 0,200       |
| K      | 0,49        |
| ROP    | 1817        |
| TCR    | \$ 1.019,12 |

Fuente: Metalmecánicos del Ecuador, 2018

Elaborado por: Jean Narváez

Una vez presentados estos datos, se procederá a discutir los resultados y evidenciar los resultados obtenidos en tablas que resuman los costos de gestión.

Adicional a esto, se ha realizado una comparación para verificar el porcentaje de variación en los costos del modelo propuesto y su desviación estándar, al variar el precio a la referencia más alta, según los datos de la Tabla 2, para poder llegar al escenario más crítico, y estos fueron los resultados arrojados.

**Tabla 27** – Comparativo que permite analizar el error del modelo (s, Q)

| Materia Prima (MP) | Costo Total Anual de Gestión | Porcentaje de variación de precio (%) | Nuevo Costo Total Anual de Gestión | Porcentaje de variación de costo (%) | Desviación estándar del costo |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| PPT 1.5            | \$ 434,23                    | 137,01%                               | \$ 527,44                          | 17,67%                               | \$ 65,91                      |
| PPT 1.8            | \$ 310,86                    | 139,23%                               | \$ 379,55                          | 18,10%                               | \$ 48,57                      |
| PPT 2.0            | \$ 246,68                    | 151,31%                               | \$ 318,18                          | 22,47%                               | \$ 50,56                      |
| PPT 2.2            | \$ 569,80                    | 137,87%                               | \$ 688,42                          | 17,23%                               | \$ 83,88                      |
| PPT 2.54           | \$ 2.045,54                  | 124,20%                               | \$ 2.406,65                        | 15,00%                               | \$ 255,34                     |
| PPT 2.72           | \$ 1.877,82                  | 109,04%                               | \$ 2.004,48                        | 6,32%                                | \$ 89,56                      |
| PPT 3.0            | \$ 873,11                    | 139,32%                               | \$ 1.074,13                        | 18,71%                               | \$ 142,14                     |
| PPT 3.15           | \$ 345,02                    | 121,32%                               | \$ 385,68                          | 10,54%                               | \$ 28,75                      |
| PPT 3.7            | \$ 786,83                    | 121,87%                               | \$ 885,18                          | 11,11%                               | \$ 69,54                      |
| PPT 4.0            | \$ 457,85                    | 118,83%                               | \$ 505,52                          | 9,43%                                | \$ 33,70                      |
| PPT 5.5            | \$ 1.019,12                  | 124,17%                               | \$ 1.183,23                        | 13,87%                               | \$ 116,05                     |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2018

**Elaborada por:** Jean Pierre Narváez

Como se puede apreciar, a pesar de las grandes variaciones de precio, la situación no es muy desagradable cuando se tiene un control directo sobre la gestión, sin embargo, al estar hablando del precio del acero por cada tonelada comprada, hablar de un 22,47 por ciento (valor más elevado), se tiene una diferencia abismal, pero al contrastarla con el 139,32 por ciento de variación del precio, se aprecia que nuestra condición de error es menor para el modelo.

Se presenta la Tabla 28 con un resumen de los costos de gestión actual, comparando con los costos de gestión del modelo propuesto, para cada materia prima, y al final se hace una sumatoria de la gestión total de cada modelo, y se evidencia la diferencia en costos de la gestión.

**Tabla 28** - Costos de la gestión de inventarios actual versus costos de gestión modelo (s, Q).

|                           | ACTUAL                              | (S, Q)                              |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Materia Prima (MP)</b> | <b>Costo Total Anual de Gestión</b> | <b>Costo Total Anual de Gestión</b> |
| PPT 1.5                   | \$ 724,93                           | \$ 434,23                           |
| PPT 1.8                   | \$ 584,95                           | \$ 310,86                           |
| PPT 2.0                   | \$ 471,39                           | \$ 246,68                           |
| PPT 2.2                   | \$ 1.149,26                         | \$ 569,80                           |
| PPT 2.54                  | \$ 1.725,07                         | \$ 2.045,54                         |
| PPT 2.72                  | \$ 1.492,98                         | \$ 1.877,82                         |
| PPT 3.0                   | \$ 1.449,11                         | \$ 873,11                           |
| PPT 3.15                  | \$ 693,49                           | \$ 345,02                           |
| PPT 3.7                   | \$ 1.422,60                         | \$ 786,83                           |
| PPT 4.0                   | \$ 925,99                           | \$ 457,85                           |
| PPT 5.5                   | \$ 1.137,55                         | \$ 1.019,12                         |
| <b>Costo Total</b>        | \$11.777,31                         | \$ 8.966,87                         |
| <b>Diferencia</b>         | -                                   | \$ 2.810,44                         |

**Fuente:** Metalmecánicos del Ecuador, 2008

**Elaborado por:** Jean Pierre Narváez

## 5 DISCUSIÓN

Enfocando nuestros resultados al objetivo inicial planteado, comparar el modelo de gestión de inventarios de materia prima clásico versus el modelo (s, Q), con demanda y nivel de servicio definido, para la industria metalmecánica, en el caso “Metalmecánicos del Ecuador”, se ha puesto en observación el sistema de gestión actual, identificando su modalidad y los costos generados al trabajar o gestionar los inventarios de la organización de una manera experimental.

En la Tabla 2 se muestra cómo ha ido afectando la variación del indicador LME a la compra de materia prima a precios exorbitantes. Ahí nace la cuestión: ¿esto marca la pauta para realizar o no, una compra? Teóricamente se visualiza qué, al existir una variación en el indicador, también se presentan variaciones en el precio de compra de la materia prima; sin embargo, no se puede verificar que no se compre materia prima, o qué si se lo haga, debido a que está cara o está barata la misma. Lo que es cierto, es que la gestión actual, no considera ningún otro aspecto, que no sea la demanda y el precio del acero, ni siquiera es considerado el tema de tiempo de reposición ni cantidad óptima de pedido.

Siguiendo el objetivo de la investigación, se ha presentado un modelo que permita satisfacer al mercado, con un nivel de servicio propuesto del 85 por ciento, que puede ser modificado por el usuario, mismo que ha sido analizado con los mismos datos de la gestión actual, con el fin de no tergiversar la información, y se ha evidenciado desde la Tabla 5, hasta la Tabla 26, los costos de una gestión guiada por este modelo de control de inventarios con nivel de servicio definido, para los once tipos de materia prima en cuestión.

Los resultados obtenidos dentro de la presente investigación, tienen sincronía con los trabajos realizados por los autores mencionados, y reflejan consistencia al sustentar que los modelos de inventarios funcionan de una manera similar, con una demanda pronosticada, que teóricamente puede ser considerada como constante, pero que es llevada a un modelo probabilístico, pues el ofrecer un nivel de servicio exige ello, por ello en la práctica se toman en cuenta estas

variaciones; que debe contener un período de aprovisionamiento, que viene expresado con una cantidad de pedido, un costo de pedido, un costo unitario; que las características para controlar los costos de almacenamiento, dependen del deterioro que pueden sufrir los materiales y de todos los gastos que pueda generar el hecho de almacenar y gestionar dichos materiales; finalmente coinciden los autores que el proceso de generación de un modelo de inventarios debe ser trabajado en varias etapas y que el proceso de implementación considera las variables requeridas. Exigen también una constante retroalimentación de parte de los usuarios y de parte de los alimentadores de información.

Los objetivos estratégicos han sido cumplidos, pues se han identificado los costos de gestión actual, se ha planteado un modelo de abastecimiento controlado, definido por dicho nivel de satisfacción para el cliente. Y posteriormente, en este capítulo se realizará el análisis de los dos modelos, y recomendar en el capítulo seis, que modelo es el óptimo.

Las principales preguntas de investigación han caminado de la mano con los objetivos estratégicos permitiendo resolver las dudas planteadas en esta investigación.

De los once ítems en cuestión, ocho presentan un ahorro en la gestión de inventarios, al usar el nuevo modelo, sin embargo, los tres restantes, al tener demandas elevadas, generan un mayor costo que no es significativo, pero en la práctica y por la cantidad de ítems manejados, podrán representar un fuerte impacto para la gestión financiera de inventarios.

La hipótesis planteada, el modelo (s, Q) de abastecimiento controlado, reduce los costos de gestión versus el modelo clásico de abastecimiento de inventarios basado en un factor incontrolable (LME), tuvo solución y se confirma que la reducción de costos es viable, pero para ciertos tipos de materia prima, sobre todo las de demanda regular, generarían mayor reducción. Para ello, se presentó

la Tabla 28 en donde se exponen los costos de ambas gestiones, que permiten afirmar la hipótesis.

Por el contrario, los tipos de materia prima con una gran demanda tienen complicaciones, y pasan a ser más caros, pues el nivel de servicio es elevado para la cantidad de demanda exigida. Dentro de esta línea de productos, el ejercicio pasaría a ser más detallado, ya que, de cualquier manera se podrá reflejar que el costo por venta perdida supone un incremento en las ganancias.

Las referencias tomadas para realizar esta investigación permitieron que el análisis sea evidenciado para ambas opciones, y sea contrastado de una manera coherente, pues la información obtenida dentro de la organización fue encaminada y recopilada en base a la teoría obtenida, existiendo la posibilidad de adecuar el modelo presentado por Vidal (2005), en un caso real dentro del sector metalmecánico ecuatoriano.



## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Dentro del sector metalmecánico, es comprobado que la variación del indicador LME genera que los costos de compra de la materia prima de algunos productores ecuatorianos sean modificados sin previo aviso, y al suceder esto, en las organizaciones del sector se opta por perder ventas antes que comprar materia prima muy costosa.
- La organización “Metalmeccánicos del Ecuador” basa sus decisiones en la demanda determinística, definida por el área Comercial, sin embargo, las compras de materia prima no son realizadas a tiempo, lo que perjudica a la organización, perdiendo ventas y parando sus máquinas debido a la gran toma de decisiones erróneas. Este dato es identificable en la gestión, ya que el nivel de servicio ofrecido en la actualidad incumple en un 15 por ciento, lo deseado por la organización.
- De los costos de gestión, generados por el modelo (s, Q), se evidencia que existe un ahorro en la gestión, cuando la demanda es baja y media, pues cuando es elevada, al tener un mayor número a ser cubierto por el nivel de servicio, la gestión deja de ahorrar en este aspecto, y su ahorro está enfocado en el costo por venta perdido, que será cubierto por el buen abastecimiento del modelo.
- Se definieron once tipos de materia prima, los más recurrentes, para poder realizar el análisis de los costos de gestión en la actualidad, mismos que arrojaron datos relevantes sobre los costos de la gestión de inventarios analizados en la investigación. Según los resultados expuestos en la Tabla 28, se genera ahorro en nueve de los once tipos de materia prima, en los mismos que se refleja un ahorro total de la gestión de 2.800 dólares, y supone un incremento del nivel de servicio de 15 puntos porcentuales.

- El modelo (s, Q), presenta variantes que pueden ser tomadas por el gestor, de acuerdo con sus necesidades. Al estar hablando de un sector estratégico en el Ecuador, porque abastece a más industrias y porque genera empleo directo e indirecto a miles de compatriotas, la necesidad de un nivel de servicio alto es inminente, y es por ello que en esta investigación, se definió este dato como parámetro a ser controlado directamente por el modelo, y así exigir y ofrecer una disponibilidad de producto adecuada para el cliente. Como se expuso anteriormente, la implementación de este modelo, supone un incremento del nivel de servicio de 15 puntos porcentuales, llegando a ofrecer un 85 por ciento.
- Dentro de este modelo de control, se pudo evidenciar que a mayor nivel de servicio, el costo de gestión es más económico cuando la demanda no es tan alta, sin embargo, al tener mayor cantidad de materia prima almacenada, se incurre en más costos de almacenamiento. En dos tipos de materia prima (PPT 2.54 y PPT 2.72), se evidenció esta situación, ya que, el incrementar el nivel de servicio supone un mayor costo en la gestión, ya que son productos con un stock mensual alto. Será decisión de la organización optar por el modelo, de que el costo se pueda incrementar conociendo el incremento en la satisfacción del cliente.
- La organización y sus usuarios coinciden en que los proveedores deben manejar períodos de entrega rápidos, porque al no hacerlo, las afectaciones como clientes son altas, ya que el flujo se detiene al tener un período de aprovisionamiento de tres meses. Sin embargo, queda en evidencia que el realizar una planificación de abastecimiento, no genera problema alguno por los días que le toma a un proveedor, abastecer a su cliente.
- Uno de los objetivos de la investigación, era visualizar la variación de los costos de gestión entre ambos modelos. Esto fue factible y es expresado en la Tabla 28, en donde se exponen los resultados. El modelo queda

abierto para poder ser implementado y puesto en práctica, dado que no se requieren datos adicionales para ninguno de los dos modelos, es decir que, con la información que maneja la organización, el modelo es totalmente aplicable.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- De acuerdo con la investigación, el sector metalmeccánico representa un proveedor importante dentro de la producción nacional. Los datos presentados, muestran que dentro del sector se deben impulsar estudios de investigación sobre las variaciones del precio del acero, que al ser un proceso que en su fabricación o creación, requiere de petróleo y de sus derivados, está propenso a sufrir escandalosas variaciones a nivel internacional, que pueden generar inconvenientes al sector metalmeccánico ecuatoriano. Se puede acudir a los gremios establecidos en el país, como Fedimetal, MIPRO, para contar con su sustento y aval, para ser una solución para los involucrados.
- Se recomienda establecer políticas o convenios internacionales, para poder optar por proveedores establecidos que guíen sus precios en base a una planificación, en la cual se proponga una estrategia de ganar – ganar en la que hasta en la situación más adversa los costos de la materia prima no signifiquen pérdidas para el comprador ni para el vendedor. Actualmente, el resultado de la gestión de compra de materia prima, es una decisión apresurada y acelerada sin fundamentos que perjudica al comprador que no está en capacidad de negociar un precio que no tiene un pronóstico real, mismo que no se puede analizar.
- Es importante considerar que el modelo de control con demanda, cantidad óptima de pedido, y nivel de servicio definido (s, Q), requiere que se realice un estudio de mercado, en el que se incluya la teoría de pronósticos, en el

cuál la demanda y su desviación estándar, sean precisas para poder generar un modelo controlado que genere el mayor ahorro posible durante la gestión.

- Se recomienda que basados en el análisis de que un modelo de control de inventarios es eficiente versus un modelo con toma de decisiones basadas solamente en la demanda y en el precio del acero, se realice una clasificación de los inventarios para poder implementar el modelo identificado en la presente investigación, para los ítems que generen una demanda intermedia, y verificar la factibilidad del modelo para los ítems con demanda alta, confirmando su justificación al analizar los costos por ventas perdidas de dichos ítems.
- La verificación de estos modelos debe realizarse una o dos veces por año, con el objetivo de identificar posibles mejoras, pues las condiciones del mercado de este importante sector estratégico son cambiantes y afectarían a un modelo que no sea revisado constantemente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcus Global. (2016). Tendencias de mercado: ¿Por qué está subiendo el precio del acero?. Cuautlán, México. Recuperado el 26 de febrero del 2017 de: <http://www.arcus-global.com/wp/por-que-esta-subiendo-el-precio-del-acero/>
- Aguilar O., Gabriel J. (22 de septiembre de 2009). Gestión de inventarios como factor de competitividad, en el sector metalmeccánico de la región occidental de Venezuela. Caracas, Venezuela.: Scielo. Recuperado el 10 de enero de 2018 de: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-95182009000300012](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182009000300012)
- Babiloni, M., Carboneras, M., Guillem, M., & Palmer Gato, M. (2007). Modelos de gestión de inventarios para ítems con demanda intermitente. XI Congreso de Ingeniería de Organización. Valencia, España.
- Ballou, R. (2004). Logística, Administración de la Cadena de Suministro. México: Pearson Prentice Hall.
- Bowersox, D., Closs, D. y Cooper, M. (2007). Administración y logística. 2ª Edición. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Castro, C. (2003). Una estructura para la selección de modelos de gestión de inventarios de artículos individuales cuando la demanda es determinística. Medellín Colombia, Universidad EAFIT.
- Castro, C. (2003). Modelo de Revisión Periódica para el Control del Inventario en Artículos con Demanda Estacional, una aproximación desde la Simulación. Revista Dyna. Medellín, Colombia, Vol. 69 (137), p. 23-34.
- Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción. (2016). Análisis sobre el impacto del precio del Acero en el Mercado Nacional. Ciudad de México, México. Recuperado el 28 de febrero del 2017 de: [http://www.cmic.org.mx/cmico/ceesco/2016/AN%C3%81LISIS%20INCREMENTOS%20DEL%20PRECIO%20DEL%20ACERO%202017\\_10\\_2016-1-16%20\(1\)%20\(1\).pdf](http://www.cmic.org.mx/cmico/ceesco/2016/AN%C3%81LISIS%20INCREMENTOS%20DEL%20PRECIO%20DEL%20ACERO%202017_10_2016-1-16%20(1)%20(1).pdf)

- El acero y el hierro suben y bajan. (24 de septiembre de 2013). Diario Expreso. Recuperado el 1 de marzo del 2017 de: [http://www.expreso.ec/historico/el-acero-y-el-hierro-suben-y-bajan-YDGR\\_5152053](http://www.expreso.ec/historico/el-acero-y-el-hierro-suben-y-bajan-YDGR_5152053)
- Gutiérrez, V., & Vidal, C. (2008). Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la literatura. Revista Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia, (43), p. 134-149.
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones de Ecuador. (2013). Análisis del Sector Metalmeccánico. Dirección de inteligencia Comercial e Inversiones. Recuperado el 26 de febrero del 2017 de: [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/PROEC\\_AS2013\\_METALMECANICA.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/PROEC_AS2013_METALMECANICA.pdf)
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones de Ecuador. (2016). Perfil sectorial de Metalmeccánica. Dirección de inteligencia Comercial e Inversiones. Recuperado el 26 de febrero del 2017 de: <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/PERFIL-DE-METALMEC%C3%81NICA.pdf>
- Metals, M. (2013). Marketline global Metals. Recuperado el 26 de febrero del 2017 de: <http://www.marketresearch.com/MarketLine-v3883/Global-Metals-Mining-7251490/>
- Paspuel, W. (9 de agosto de 2015). La producción del sector metalmeccánico se frena. Revista Líderes, Diario el Comercio. Quito, Ecuador. Recuperado el 27 de febrero del 2017 de: <http://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-sectormetalmeccanico-ralentizacion-industria.html>
- Salas, K. (2011). Análisis de la Cadena de Abastecimiento del Sector Madera y Muebles de la ciudad de Barranquilla. Barranquilla, Colombia. Scientia et Technica.
- Salas, K. (2011). Diseño de un Modelo de la Cadena de Abastecimiento del Sector Madera y Muebles de la Región Caribe de Colombia. Barranquilla, Colombia. Scientia et Technica.
- Salas, K. (2013). Diseño de una Estrategia de Gestión de Inventarios colaborativo para escenarios de incertidumbre de una Cadena de Suministro Multi- Nivel: Caso de

aplicación sector Madera y Muebles de la Región Caribe de Colombia. Cartagena de Indias, Colombia. Scientia et Technica.

Silver, E., Pyke, D., & Thomas, D. (2016). Inventory and Production Management in Supply Chains. Florida, EEUU: CRC Press.

Tepepa, T., & Ley, R. (2003). Análisis del Efecto de la Incertidumbre en Parámetros de Modelos de Inventario Utilizando Árboles de Decisiones. Revista UPIISCA, IPN, Vol. 5, (32), p. 2-8.

The London Metal Exchange. (2018). LME. 20 de Marzo de 2018, de The London Metal Exchange Sitio web: <https://www.lme.com/>

Vera, P. (2009). Propuesta de un sistema de gestión de inventarios, para una empresa de metal mecánica (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería. Guatemala.

Vidal, C. (2005). Fundamentos de Gestión de Inventarios. Santiago de Cali, Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería.

Villareal, L.; Ramos, N. (2007). La Apertura de México y la Paradoja de la Competitividad: hacia un Modelo de Competitividad Sistémica. CEPAL

## ANEXOS

**Anexo I** – Valores de las funciones de la distribución Normal para valores de  $k$  entre 0.00 y 3.99

| $k$  | $f_u(k)$ | $p_u(k)$ | $G_u(k)$ | $k$  |
|------|----------|----------|----------|------|
| 0,00 | 0,398942 | 0,500000 | 0,398942 | 0,00 |
| 0,01 | 0,398922 | 0,496011 | 0,393962 | 0,01 |
| 0,02 | 0,398862 | 0,492022 | 0,389022 | 0,02 |
| 0,03 | 0,398763 | 0,488033 | 0,384122 | 0,03 |
| 0,04 | 0,398623 | 0,484047 | 0,379261 | 0,04 |
| 0,05 | 0,398444 | 0,480061 | 0,374441 | 0,05 |
| 0,06 | 0,398225 | 0,476078 | 0,369660 | 0,06 |
| 0,07 | 0,397966 | 0,472097 | 0,364919 | 0,07 |
| 0,08 | 0,397668 | 0,468119 | 0,360218 | 0,08 |
| 0,09 | 0,397330 | 0,464144 | 0,355557 | 0,09 |
| 0,10 | 0,396953 | 0,460172 | 0,350935 | 0,10 |
| 0,11 | 0,396536 | 0,456205 | 0,346353 | 0,11 |
| 0,12 | 0,396080 | 0,452242 | 0,341811 | 0,12 |
| 0,13 | 0,395585 | 0,448283 | 0,337309 | 0,13 |
| 0,14 | 0,395052 | 0,444330 | 0,332846 | 0,14 |
| 0,15 | 0,394479 | 0,440382 | 0,328422 | 0,15 |
| 0,16 | 0,393868 | 0,436441 | 0,324038 | 0,16 |
| 0,17 | 0,393219 | 0,432505 | 0,319693 | 0,17 |
| 0,18 | 0,392531 | 0,428576 | 0,315388 | 0,18 |
| 0,19 | 0,391806 | 0,424655 | 0,311122 | 0,19 |
| 0,20 | 0,391043 | 0,420740 | 0,306895 | 0,20 |
| 0,21 | 0,390242 | 0,416834 | 0,302707 | 0,21 |
| 0,22 | 0,389404 | 0,412936 | 0,298558 | 0,22 |
| 0,23 | 0,388529 | 0,409046 | 0,294448 | 0,23 |
| 0,24 | 0,387617 | 0,405165 | 0,290377 | 0,24 |
| 0,25 | 0,386668 | 0,401294 | 0,286345 | 0,25 |
| 0,26 | 0,385683 | 0,397432 | 0,282351 | 0,26 |
| 0,27 | 0,384663 | 0,393580 | 0,278396 | 0,27 |
| 0,28 | 0,383606 | 0,389739 | 0,274479 | 0,28 |
| 0,29 | 0,382515 | 0,385908 | 0,270601 | 0,29 |
| 0,30 | 0,381388 | 0,382089 | 0,266761 | 0,30 |
| 0,31 | 0,380226 | 0,378281 | 0,262959 | 0,31 |
| 0,32 | 0,379031 | 0,374484 | 0,259196 | 0,32 |
| 0,33 | 0,377801 | 0,370700 | 0,255470 | 0,33 |
| 0,34 | 0,376537 | 0,366928 | 0,251782 | 0,34 |
| 0,35 | 0,375240 | 0,363169 | 0,248131 | 0,35 |
| 0,36 | 0,373911 | 0,359424 | 0,244518 | 0,36 |
| 0,37 | 0,372548 | 0,355691 | 0,240943 | 0,37 |
| 0,38 | 0,371154 | 0,351973 | 0,237404 | 0,38 |
| 0,39 | 0,369728 | 0,348268 | 0,233903 | 0,39 |
| 0,40 | 0,368270 | 0,344578 | 0,230439 | 0,40 |
| 0,41 | 0,366782 | 0,340903 | 0,227011 | 0,41 |
| 0,42 | 0,365263 | 0,337243 | 0,223621 | 0,42 |
| 0,43 | 0,363714 | 0,333598 | 0,220267 | 0,43 |
| 0,44 | 0,362135 | 0,329969 | 0,216949 | 0,44 |
| 0,45 | 0,360527 | 0,326355 | 0,213667 | 0,45 |
| 0,46 | 0,358890 | 0,322758 | 0,210422 | 0,46 |
| 0,47 | 0,357225 | 0,319178 | 0,207212 | 0,47 |
| 0,48 | 0,355533 | 0,315614 | 0,204038 | 0,48 |
| 0,49 | 0,353812 | 0,312067 | 0,200900 | 0,49 |



| $k$  | $f_u(k)$ | $p_u(k)$ | $G_u(k)$ | $k$  |
|------|----------|----------|----------|------|
| 0,50 | 0,352065 | 0,308538 | 0,197797 | 0,50 |
| 0,51 | 0,350292 | 0,305026 | 0,194729 | 0,51 |
| 0,52 | 0,348493 | 0,301532 | 0,191696 | 0,52 |
| 0,53 | 0,346668 | 0,298056 | 0,188698 | 0,53 |
| 0,54 | 0,344818 | 0,294598 | 0,185735 | 0,54 |
| 0,55 | 0,342944 | 0,291160 | 0,182806 | 0,55 |
| 0,56 | 0,341046 | 0,287740 | 0,179912 | 0,56 |
| 0,57 | 0,339124 | 0,284339 | 0,177051 | 0,57 |
| 0,58 | 0,337180 | 0,280957 | 0,174225 | 0,58 |
| 0,59 | 0,335213 | 0,277595 | 0,171432 | 0,59 |
| 0,60 | 0,333225 | 0,274253 | 0,168673 | 0,60 |
| 0,61 | 0,331215 | 0,270931 | 0,165947 | 0,61 |
| 0,62 | 0,329184 | 0,267629 | 0,163254 | 0,62 |
| 0,63 | 0,327133 | 0,264347 | 0,160594 | 0,63 |
| 0,64 | 0,325062 | 0,261086 | 0,157967 | 0,64 |
| 0,65 | 0,322972 | 0,257846 | 0,155372 | 0,65 |
| 0,66 | 0,320864 | 0,254627 | 0,152810 | 0,66 |
| 0,67 | 0,318737 | 0,251429 | 0,150280 | 0,67 |
| 0,68 | 0,316593 | 0,248252 | 0,147781 | 0,68 |
| 0,69 | 0,314432 | 0,245097 | 0,145315 | 0,69 |
| 0,70 | 0,312254 | 0,241964 | 0,142879 | 0,70 |
| 0,71 | 0,310060 | 0,238852 | 0,140475 | 0,71 |
| 0,72 | 0,307851 | 0,235762 | 0,138102 | 0,72 |
| 0,73 | 0,305627 | 0,232695 | 0,135760 | 0,73 |
| 0,74 | 0,303389 | 0,229650 | 0,133448 | 0,74 |
| 0,75 | 0,301137 | 0,226627 | 0,131167 | 0,75 |
| 0,76 | 0,298872 | 0,223627 | 0,128916 | 0,76 |
| 0,77 | 0,296595 | 0,220650 | 0,126694 | 0,77 |
| 0,78 | 0,294305 | 0,217695 | 0,124503 | 0,78 |
| 0,79 | 0,292004 | 0,214764 | 0,122340 | 0,79 |
| 0,80 | 0,289692 | 0,211855 | 0,120207 | 0,80 |
| 0,81 | 0,287369 | 0,208970 | 0,118103 | 0,81 |
| 0,82 | 0,285036 | 0,206108 | 0,116028 | 0,82 |
| 0,83 | 0,282694 | 0,203269 | 0,113981 | 0,83 |
| 0,84 | 0,280344 | 0,200454 | 0,111962 | 0,84 |
| 0,85 | 0,277985 | 0,197662 | 0,109972 | 0,85 |
| 0,86 | 0,275618 | 0,194894 | 0,108009 | 0,86 |
| 0,87 | 0,273244 | 0,192150 | 0,106074 | 0,87 |
| 0,88 | 0,270864 | 0,189430 | 0,104166 | 0,88 |
| 0,89 | 0,268477 | 0,186733 | 0,102285 | 0,89 |
| 0,90 | 0,266085 | 0,184060 | 0,100431 | 0,90 |
| 0,91 | 0,263688 | 0,181411 | 0,098604 | 0,91 |
| 0,92 | 0,261286 | 0,178786 | 0,096803 | 0,92 |
| 0,93 | 0,258881 | 0,176186 | 0,095028 | 0,93 |
| 0,94 | 0,256471 | 0,173609 | 0,093279 | 0,94 |
| 0,95 | 0,254059 | 0,171056 | 0,091556 | 0,95 |
| 0,96 | 0,251644 | 0,168528 | 0,089858 | 0,96 |
| 0,97 | 0,249228 | 0,166023 | 0,088185 | 0,97 |
| 0,98 | 0,246809 | 0,163543 | 0,086537 | 0,98 |
| 0,99 | 0,244390 | 0,161087 | 0,084914 | 0,99 |

| $k$  | $f_u(k)$ | $p_u(k)$ | $G_u(k)$ | $k$  |
|------|----------|----------|----------|------|
| 1,00 | 0,241971 | 0,158655 | 0,083315 | 1,00 |
| 1,01 | 0,239551 | 0,156248 | 0,081741 | 1,01 |
| 1,02 | 0,237132 | 0,153864 | 0,080190 | 1,02 |
| 1,03 | 0,234714 | 0,151505 | 0,078664 | 1,03 |
| 1,04 | 0,232297 | 0,149170 | 0,077160 | 1,04 |
| 1,05 | 0,229882 | 0,146859 | 0,075680 | 1,05 |
| 1,06 | 0,227470 | 0,144572 | 0,074223 | 1,06 |
| 1,07 | 0,225060 | 0,142310 | 0,072789 | 1,07 |
| 1,08 | 0,222653 | 0,140071 | 0,071377 | 1,08 |
| 1,09 | 0,220251 | 0,137857 | 0,069987 | 1,09 |
| 1,10 | 0,217852 | 0,135666 | 0,068619 | 1,10 |
| 1,11 | 0,215458 | 0,133500 | 0,067274 | 1,11 |
| 1,12 | 0,213069 | 0,131357 | 0,065949 | 1,12 |
| 1,13 | 0,210686 | 0,129238 | 0,064646 | 1,13 |
| 1,14 | 0,208308 | 0,127143 | 0,063365 | 1,14 |
| 1,15 | 0,205936 | 0,125072 | 0,062103 | 1,15 |
| 1,16 | 0,203571 | 0,123024 | 0,060863 | 1,16 |
| 1,17 | 0,201214 | 0,121001 | 0,059643 | 1,17 |
| 1,18 | 0,198863 | 0,119000 | 0,058443 | 1,18 |
| 1,19 | 0,196520 | 0,117023 | 0,057263 | 1,19 |
| 1,20 | 0,194186 | 0,115070 | 0,056102 | 1,20 |
| 1,21 | 0,191860 | 0,113140 | 0,054961 | 1,21 |
| 1,22 | 0,189543 | 0,111233 | 0,053840 | 1,22 |
| 1,23 | 0,187235 | 0,109349 | 0,052737 | 1,23 |
| 1,24 | 0,184937 | 0,107488 | 0,051652 | 1,24 |
| 1,25 | 0,182649 | 0,105650 | 0,050587 | 1,25 |
| 1,26 | 0,180371 | 0,103835 | 0,049539 | 1,26 |
| 1,27 | 0,178104 | 0,102042 | 0,048510 | 1,27 |
| 1,28 | 0,175847 | 0,100273 | 0,047498 | 1,28 |
| 1,29 | 0,173602 | 0,098525 | 0,046504 | 1,29 |
| 1,30 | 0,171369 | 0,096801 | 0,045528 | 1,30 |
| 1,31 | 0,169147 | 0,095098 | 0,044568 | 1,31 |
| 1,32 | 0,166937 | 0,093418 | 0,043626 | 1,32 |
| 1,33 | 0,164740 | 0,091759 | 0,042700 | 1,33 |
| 1,34 | 0,162555 | 0,090123 | 0,041791 | 1,34 |
| 1,35 | 0,160383 | 0,088508 | 0,040897 | 1,35 |
| 1,36 | 0,158225 | 0,086915 | 0,040020 | 1,36 |
| 1,37 | 0,156080 | 0,085344 | 0,039159 | 1,37 |
| 1,38 | 0,153948 | 0,083793 | 0,038313 | 1,38 |
| 1,39 | 0,151831 | 0,082264 | 0,037483 | 1,39 |
| 1,40 | 0,149727 | 0,080757 | 0,036668 | 1,40 |
| 1,41 | 0,147639 | 0,079270 | 0,035868 | 1,41 |
| 1,42 | 0,145564 | 0,077804 | 0,035083 | 1,42 |
| 1,43 | 0,143505 | 0,076359 | 0,034312 | 1,43 |
| 1,44 | 0,141460 | 0,074934 | 0,033555 | 1,44 |
| 1,45 | 0,139431 | 0,073529 | 0,032813 | 1,45 |
| 1,46 | 0,137417 | 0,072145 | 0,032085 | 1,46 |
| 1,47 | 0,135418 | 0,070781 | 0,031370 | 1,47 |
| 1,48 | 0,133435 | 0,069437 | 0,030669 | 1,48 |
| 1,49 | 0,131468 | 0,068112 | 0,029981 | 1,49 |



| $k$  | $f_u(k)$ | $p_u(k)$ | $G_u(k)$ | $k$  |
|------|----------|----------|----------|------|
| 1,50 | 0,129518 | 0,066807 | 0,029307 | 1,50 |
| 1,51 | 0,127583 | 0,065522 | 0,028645 | 1,51 |
| 1,52 | 0,125665 | 0,064256 | 0,027996 | 1,52 |
| 1,53 | 0,123763 | 0,063008 | 0,027360 | 1,53 |
| 1,54 | 0,121878 | 0,061780 | 0,026736 | 1,54 |
| 1,55 | 0,120009 | 0,060571 | 0,026124 | 1,55 |
| 1,56 | 0,118157 | 0,059380 | 0,025525 | 1,56 |
| 1,57 | 0,116323 | 0,058208 | 0,024937 | 1,57 |
| 1,58 | 0,114505 | 0,057053 | 0,024360 | 1,58 |
| 1,59 | 0,112704 | 0,055917 | 0,023796 | 1,59 |
| 1,60 | 0,110921 | 0,054799 | 0,023242 | 1,60 |
| 1,61 | 0,109155 | 0,053699 | 0,022700 | 1,61 |
| 1,62 | 0,107406 | 0,052616 | 0,022168 | 1,62 |
| 1,63 | 0,105675 | 0,051551 | 0,021647 | 1,63 |
| 1,64 | 0,103961 | 0,050503 | 0,021137 | 1,64 |
| 1,65 | 0,102265 | 0,049471 | 0,020637 | 1,65 |
| 1,66 | 0,100586 | 0,048457 | 0,020147 | 1,66 |
| 1,67 | 0,098925 | 0,047460 | 0,019668 | 1,67 |
| 1,68 | 0,097282 | 0,046479 | 0,019198 | 1,68 |
| 1,69 | 0,095657 | 0,045514 | 0,018738 | 1,69 |
| 1,70 | 0,094049 | 0,044565 | 0,018288 | 1,70 |
| 1,71 | 0,092459 | 0,043633 | 0,017847 | 1,71 |
| 1,72 | 0,090887 | 0,042716 | 0,017415 | 1,72 |
| 1,73 | 0,089333 | 0,041815 | 0,016993 | 1,73 |
| 1,74 | 0,087796 | 0,040929 | 0,016579 | 1,74 |
| 1,75 | 0,086277 | 0,040059 | 0,016174 | 1,75 |
| 1,76 | 0,084776 | 0,039204 | 0,015778 | 1,76 |
| 1,77 | 0,083293 | 0,038364 | 0,015390 | 1,77 |
| 1,78 | 0,081828 | 0,037538 | 0,015010 | 1,78 |
| 1,79 | 0,080380 | 0,036727 | 0,014639 | 1,79 |
| 1,80 | 0,078950 | 0,035930 | 0,014276 | 1,80 |
| 1,81 | 0,077538 | 0,035148 | 0,013920 | 1,81 |
| 1,82 | 0,076143 | 0,034379 | 0,013573 | 1,82 |
| 1,83 | 0,074766 | 0,033625 | 0,013233 | 1,83 |
| 1,84 | 0,073407 | 0,032884 | 0,012900 | 1,84 |
| 1,85 | 0,072065 | 0,032157 | 0,012575 | 1,85 |
| 1,86 | 0,070740 | 0,031443 | 0,012257 | 1,86 |
| 1,87 | 0,069433 | 0,030742 | 0,011946 | 1,87 |
| 1,88 | 0,068144 | 0,030054 | 0,011642 | 1,88 |
| 1,89 | 0,066871 | 0,029379 | 0,011345 | 1,89 |
| 1,90 | 0,065616 | 0,028716 | 0,011054 | 1,90 |
| 1,91 | 0,064378 | 0,028067 | 0,010771 | 1,91 |
| 1,92 | 0,063157 | 0,027429 | 0,010493 | 1,92 |
| 1,93 | 0,061952 | 0,026803 | 0,010222 | 1,93 |
| 1,94 | 0,060765 | 0,026190 | 0,009957 | 1,94 |
| 1,95 | 0,059595 | 0,025588 | 0,009698 | 1,95 |
| 1,96 | 0,058441 | 0,024998 | 0,009445 | 1,96 |
| 1,97 | 0,057304 | 0,024419 | 0,009198 | 1,97 |
| 1,98 | 0,056183 | 0,023852 | 0,008957 | 1,98 |
| 1,99 | 0,055079 | 0,023295 | 0,008721 | 1,99 |

| $k$  | $f_u(k)$ | $p_u(k)$ | $G_u(k)$ | $k$  |
|------|----------|----------|----------|------|
| 2,00 | 0,053991 | 0,022750 | 0,008491 | 2,00 |
| 2,01 | 0,052919 | 0,022216 | 0,008266 | 2,01 |
| 2,02 | 0,051864 | 0,021692 | 0,008046 | 2,02 |
| 2,03 | 0,050824 | 0,021178 | 0,007832 | 2,03 |
| 2,04 | 0,049800 | 0,020675 | 0,007623 | 2,04 |
| 2,05 | 0,048792 | 0,020182 | 0,007419 | 2,05 |
| 2,06 | 0,047800 | 0,019699 | 0,007219 | 2,06 |
| 2,07 | 0,046823 | 0,019226 | 0,007025 | 2,07 |
| 2,08 | 0,045861 | 0,018763 | 0,006835 | 2,08 |
| 2,09 | 0,044915 | 0,018309 | 0,006649 | 2,09 |
| 2,10 | 0,043984 | 0,017864 | 0,006468 | 2,10 |
| 2,11 | 0,043067 | 0,017429 | 0,006292 | 2,11 |
| 2,12 | 0,042166 | 0,017003 | 0,006120 | 2,12 |
| 2,13 | 0,041280 | 0,016586 | 0,005952 | 2,13 |
| 2,14 | 0,040408 | 0,016177 | 0,005788 | 2,14 |
| 2,15 | 0,039550 | 0,015778 | 0,005628 | 2,15 |
| 2,16 | 0,038707 | 0,015386 | 0,005472 | 2,16 |
| 2,17 | 0,037878 | 0,015003 | 0,005321 | 2,17 |
| 2,18 | 0,037063 | 0,014629 | 0,005172 | 2,18 |
| 2,19 | 0,036262 | 0,014262 | 0,005028 | 2,19 |
| 2,20 | 0,035475 | 0,013903 | 0,004887 | 2,20 |
| 2,21 | 0,034701 | 0,013553 | 0,004750 | 2,21 |
| 2,22 | 0,033941 | 0,013209 | 0,004616 | 2,22 |
| 2,23 | 0,033194 | 0,012874 | 0,004486 | 2,23 |
| 2,24 | 0,032460 | 0,012545 | 0,004359 | 2,24 |
| 2,25 | 0,031740 | 0,012224 | 0,004235 | 2,25 |
| 2,26 | 0,031032 | 0,011911 | 0,004114 | 2,26 |
| 2,27 | 0,030337 | 0,011604 | 0,003996 | 2,27 |
| 2,28 | 0,029655 | 0,011304 | 0,003882 | 2,28 |
| 2,29 | 0,028985 | 0,011011 | 0,003770 | 2,29 |
| 2,30 | 0,028327 | 0,010724 | 0,003662 | 2,30 |
| 2,31 | 0,027682 | 0,010444 | 0,003556 | 2,31 |
| 2,32 | 0,027048 | 0,010170 | 0,003453 | 2,32 |
| 2,33 | 0,026426 | 0,009903 | 0,003352 | 2,33 |
| 2,34 | 0,025817 | 0,009642 | 0,003255 | 2,34 |
| 2,35 | 0,025218 | 0,009387 | 0,003160 | 2,35 |
| 2,36 | 0,024631 | 0,009137 | 0,003067 | 2,36 |
| 2,37 | 0,024056 | 0,008894 | 0,002977 | 2,37 |
| 2,38 | 0,023491 | 0,008656 | 0,002889 | 2,38 |
| 2,39 | 0,022937 | 0,008424 | 0,002804 | 2,39 |
| 2,40 | 0,022395 | 0,008198 | 0,002720 | 2,40 |
| 2,41 | 0,021862 | 0,007976 | 0,002640 | 2,41 |
| 2,42 | 0,021341 | 0,007760 | 0,002561 | 2,42 |
| 2,43 | 0,020829 | 0,007549 | 0,002484 | 2,43 |
| 2,44 | 0,020328 | 0,007344 | 0,002410 | 2,44 |
| 2,45 | 0,019837 | 0,007143 | 0,002337 | 2,45 |
| 2,46 | 0,019356 | 0,006947 | 0,002267 | 2,46 |
| 2,47 | 0,018885 | 0,006756 | 0,002198 | 2,47 |
| 2,48 | 0,018423 | 0,006569 | 0,002132 | 2,48 |
| 2,49 | 0,017971 | 0,006387 | 0,002067 | 2,49 |



| $k$  | $f_u(k)$ | $p_u(k)$ | $G_u(k)$ | $k$  |
|------|----------|----------|----------|------|
| 2,50 | 0,017528 | 0,006210 | 0,002004 | 2,50 |
| 2,51 | 0,017095 | 0,006037 | 0,001943 | 2,51 |
| 2,52 | 0,016670 | 0,005868 | 0,001883 | 2,52 |
| 2,53 | 0,016254 | 0,005703 | 0,001825 | 2,53 |
| 2,54 | 0,015848 | 0,005543 | 0,001769 | 2,54 |
| 2,55 | 0,015449 | 0,005386 | 0,001715 | 2,55 |
| 2,56 | 0,015060 | 0,005234 | 0,001662 | 2,56 |
| 2,57 | 0,014678 | 0,005085 | 0,001610 | 2,57 |
| 2,58 | 0,014305 | 0,004940 | 0,001560 | 2,58 |
| 2,59 | 0,013940 | 0,004799 | 0,001511 | 2,59 |
| 2,60 | 0,013583 | 0,004661 | 0,001464 | 2,60 |
| 2,61 | 0,013234 | 0,004527 | 0,001418 | 2,61 |
| 2,62 | 0,012892 | 0,004397 | 0,001373 | 2,62 |
| 2,63 | 0,012558 | 0,004269 | 0,001330 | 2,63 |
| 2,64 | 0,012232 | 0,004145 | 0,001288 | 2,64 |
| 2,65 | 0,011912 | 0,004025 | 0,001247 | 2,65 |
| 2,66 | 0,011600 | 0,003907 | 0,001207 | 2,66 |
| 2,67 | 0,011295 | 0,003793 | 0,001169 | 2,67 |
| 2,68 | 0,010997 | 0,003681 | 0,001131 | 2,68 |
| 2,69 | 0,010706 | 0,003573 | 0,001095 | 2,69 |
| 2,70 | 0,010421 | 0,003467 | 0,001060 | 2,70 |
| 2,71 | 0,010143 | 0,003364 | 0,001026 | 2,71 |
| 2,72 | 0,009871 | 0,003264 | 0,000993 | 2,72 |
| 2,73 | 0,009606 | 0,003167 | 0,000961 | 2,73 |
| 2,74 | 0,009347 | 0,003072 | 0,000929 | 2,74 |
| 2,75 | 0,009094 | 0,002980 | 0,000899 | 2,75 |
| 2,76 | 0,008846 | 0,002890 | 0,000870 | 2,76 |
| 2,77 | 0,008605 | 0,002803 | 0,000841 | 2,77 |
| 2,78 | 0,008370 | 0,002718 | 0,000814 | 2,78 |
| 2,79 | 0,008140 | 0,002635 | 0,000787 | 2,79 |
| 2,80 | 0,007915 | 0,002555 | 0,000761 | 2,80 |
| 2,81 | 0,007697 | 0,002477 | 0,000736 | 2,81 |
| 2,82 | 0,007483 | 0,002401 | 0,000711 | 2,82 |
| 2,83 | 0,007274 | 0,002327 | 0,000688 | 2,83 |
| 2,84 | 0,007071 | 0,002256 | 0,000665 | 2,84 |
| 2,85 | 0,006873 | 0,002186 | 0,000643 | 2,85 |
| 2,86 | 0,006679 | 0,002118 | 0,000621 | 2,86 |
| 2,87 | 0,006491 | 0,002052 | 0,000600 | 2,87 |
| 2,88 | 0,006307 | 0,001988 | 0,000580 | 2,88 |
| 2,89 | 0,006127 | 0,001926 | 0,000560 | 2,89 |
| 2,90 | 0,005953 | 0,001866 | 0,000541 | 2,90 |
| 2,91 | 0,005782 | 0,001807 | 0,000523 | 2,91 |
| 2,92 | 0,005616 | 0,001750 | 0,000505 | 2,92 |
| 2,93 | 0,005454 | 0,001695 | 0,000488 | 2,93 |
| 2,94 | 0,005296 | 0,001641 | 0,000471 | 2,94 |
| 2,95 | 0,005143 | 0,001589 | 0,000455 | 2,95 |
| 2,96 | 0,004993 | 0,001538 | 0,000440 | 2,96 |
| 2,97 | 0,004847 | 0,001489 | 0,000425 | 2,97 |
| 2,98 | 0,004705 | 0,001441 | 0,000410 | 2,98 |
| 2,99 | 0,004567 | 0,001395 | 0,000396 | 2,99 |

| $k$  | $f_u(k)$ | $p_u(k)$ | $G_u(k)$ | $k$  |
|------|----------|----------|----------|------|
| 3,00 | 0,004432 | 0,001350 | 0,000382 | 3,00 |
| 3,01 | 0,004301 | 0,001306 | 0,000369 | 3,01 |
| 3,02 | 0,004173 | 0,001264 | 0,000356 | 3,02 |
| 3,03 | 0,004049 | 0,001223 | 0,000343 | 3,03 |
| 3,04 | 0,003928 | 0,001183 | 0,000331 | 3,04 |
| 3,05 | 0,003810 | 0,001144 | 0,000320 | 3,05 |
| 3,06 | 0,003695 | 0,001107 | 0,000308 | 3,06 |
| 3,07 | 0,003584 | 0,001070 | 0,000298 | 3,07 |
| 3,08 | 0,003475 | 0,001035 | 0,000287 | 3,08 |
| 3,09 | 0,003370 | 0,001001 | 0,000277 | 3,09 |
| 3,10 | 0,003267 | 0,000968 | 0,000267 | 3,10 |
| 3,11 | 0,003167 | 0,000936 | 0,000258 | 3,11 |
| 3,12 | 0,003070 | 0,000904 | 0,000248 | 3,12 |
| 3,13 | 0,002975 | 0,000874 | 0,000239 | 3,13 |
| 3,14 | 0,002884 | 0,000845 | 0,000231 | 3,14 |
| 3,15 | 0,002794 | 0,000816 | 0,000223 | 3,15 |
| 3,16 | 0,002707 | 0,000789 | 0,000215 | 3,16 |
| 3,17 | 0,002623 | 0,000762 | 0,000207 | 3,17 |
| 3,18 | 0,002541 | 0,000736 | 0,000199 | 3,18 |
| 3,19 | 0,002461 | 0,000711 | 0,000192 | 3,19 |
| 3,20 | 0,002384 | 0,000687 | 0,000185 | 3,20 |
| 3,21 | 0,002309 | 0,000664 | 0,000178 | 3,21 |
| 3,22 | 0,002236 | 0,000641 | 0,000172 | 3,22 |
| 3,23 | 0,002165 | 0,000619 | 0,000165 | 3,23 |
| 3,24 | 0,002096 | 0,000598 | 0,000159 | 3,24 |
| 3,25 | 0,002029 | 0,000577 | 0,000154 | 3,25 |
| 3,26 | 0,001964 | 0,000557 | 0,000148 | 3,26 |
| 3,27 | 0,001901 | 0,000538 | 0,000142 | 3,27 |
| 3,28 | 0,001840 | 0,000519 | 0,000137 | 3,28 |
| 3,29 | 0,001780 | 0,000501 | 0,000132 | 3,29 |
| 3,30 | 0,001723 | 0,000483 | 0,000127 | 3,30 |
| 3,31 | 0,001667 | 0,000467 | 0,000122 | 3,31 |
| 3,32 | 0,001612 | 0,000450 | 0,000118 | 3,32 |
| 3,33 | 0,001560 | 0,000434 | 0,000113 | 3,33 |
| 3,34 | 0,001508 | 0,000419 | 0,000109 | 3,34 |
| 3,35 | 0,001459 | 0,000404 | 0,000105 | 3,35 |
| 3,36 | 0,001411 | 0,000390 | 0,000101 | 3,36 |
| 3,37 | 0,001364 | 0,000376 | 0,000097 | 3,37 |
| 3,38 | 0,001319 | 0,000362 | 0,000093 | 3,38 |
| 3,39 | 0,001275 | 0,000350 | 0,000090 | 3,39 |
| 3,40 | 0,001232 | 0,000337 | 0,000086 | 3,40 |
| 3,41 | 0,001191 | 0,000325 | 0,000083 | 3,41 |
| 3,42 | 0,001151 | 0,000313 | 0,000080 | 3,42 |
| 3,43 | 0,001112 | 0,000302 | 0,000077 | 3,43 |
| 3,44 | 0,001075 | 0,000291 | 0,000074 | 3,44 |
| 3,45 | 0,001038 | 0,000280 | 0,000071 | 3,45 |
| 3,46 | 0,001003 | 0,000270 | 0,000068 | 3,46 |
| 3,47 | 0,000969 | 0,000260 | 0,000066 | 3,47 |
| 3,48 | 0,000936 | 0,000251 | 0,000063 | 3,48 |
| 3,49 | 0,000904 | 0,000242 | 0,000061 | 3,49 |



| $k$  | $f_u(k)$ | $p_u(k)$ | $G_u(k)$ | $k$  |
|------|----------|----------|----------|------|
| 3,50 | 0,000873 | 0,000233 | 0,000058 | 3,50 |
| 3,51 | 0,000843 | 0,000224 | 0,000056 | 3,51 |
| 3,52 | 0,000814 | 0,000216 | 0,000054 | 3,52 |
| 3,53 | 0,000785 | 0,000208 | 0,000052 | 3,53 |
| 3,54 | 0,000758 | 0,000200 | 0,000050 | 3,54 |
| 3,55 | 0,000732 | 0,000193 | 0,000048 | 3,55 |
| 3,56 | 0,000706 | 0,000185 | 0,000046 | 3,56 |
| 3,57 | 0,000681 | 0,000179 | 0,000044 | 3,57 |
| 3,58 | 0,000657 | 0,000172 | 0,000042 | 3,58 |
| 3,59 | 0,000634 | 0,000165 | 0,000041 | 3,59 |
| 3,60 | 0,000612 | 0,000159 | 0,000039 | 3,60 |
| 3,61 | 0,000590 | 0,000153 | 0,000037 | 3,61 |
| 3,62 | 0,000569 | 0,000147 | 0,000036 | 3,62 |
| 3,63 | 0,000549 | 0,000142 | 0,000034 | 3,63 |
| 3,64 | 0,000529 | 0,000136 | 0,000033 | 3,64 |
| 3,65 | 0,000510 | 0,000131 | 0,000032 | 3,65 |
| 3,66 | 0,000492 | 0,000126 | 0,000030 | 3,66 |
| 3,67 | 0,000474 | 0,000121 | 0,000029 | 3,67 |
| 3,68 | 0,000457 | 0,000117 | 0,000028 | 3,68 |
| 3,69 | 0,000441 | 0,000112 | 0,000027 | 3,69 |
| 3,70 | 0,000425 | 0,000108 | 0,000026 | 3,70 |
| 3,71 | 0,000409 | 0,000104 | 0,000025 | 3,71 |
| 3,72 | 0,000394 | 0,000100 | 0,000024 | 3,72 |
| 3,73 | 0,000380 | 0,000096 | 0,000023 | 3,73 |
| 3,74 | 0,000366 | 0,000092 | 0,000022 | 3,74 |
| 3,75 | 0,000353 | 0,000088 | 0,000021 | 3,75 |
| 3,76 | 0,000340 | 0,000085 | 0,000020 | 3,76 |
| 3,77 | 0,000327 | 0,000082 | 0,000019 | 3,77 |
| 3,78 | 0,000315 | 0,000078 | 0,000018 | 3,78 |
| 3,79 | 0,000303 | 0,000075 | 0,000018 | 3,79 |
| 3,80 | 0,000292 | 0,000072 | 0,000017 | 3,80 |
| 3,81 | 0,000281 | 0,000070 | 0,000016 | 3,81 |
| 3,82 | 0,000271 | 0,000067 | 0,000016 | 3,82 |
| 3,83 | 0,000260 | 0,000064 | 0,000015 | 3,83 |
| 3,84 | 0,000251 | 0,000062 | 0,000014 | 3,84 |
| 3,85 | 0,000241 | 0,000059 | 0,000014 | 3,85 |
| 3,86 | 0,000232 | 0,000057 | 0,000013 | 3,86 |
| 3,87 | 0,000223 | 0,000054 | 0,000013 | 3,87 |
| 3,88 | 0,000215 | 0,000052 | 0,000012 | 3,88 |
| 3,89 | 0,000207 | 0,000050 | 0,000011 | 3,89 |
| 3,90 | 0,000199 | 0,000048 | 0,000011 | 3,90 |
| 3,91 | 0,000191 | 0,000046 | 0,000011 | 3,91 |
| 3,92 | 0,000184 | 0,000044 | 0,000010 | 3,92 |
| 3,93 | 0,000177 | 0,000042 | 0,000010 | 3,93 |
| 3,94 | 0,000170 | 0,000041 | 0,000009 | 3,94 |
| 3,95 | 0,000163 | 0,000039 | 0,000009 | 3,95 |
| 3,96 | 0,000157 | 0,000037 | 0,000008 | 3,96 |
| 3,97 | 0,000151 | 0,000036 | 0,000008 | 3,97 |
| 3,98 | 0,000145 | 0,000034 | 0,000008 | 3,98 |
| 3,99 | 0,000139 | 0,000033 | 0,000007 | 3,99 |