

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de un sistema de control de producción para una empresa  
procesadora de productos derivados del acero”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

Miguel Ángel Guerrero Mendoza

Emilio José Illescas Rodríguez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios por brindarme la salud y sabiduría necesarias para llevar a cabo con éxito este proyecto y los próximos objetivos.

A todos los miembros de mi familia que me apoyaron y siempre estuvieron acompañándome, siendo el soporte principal de cada momento estando a mi lado enseñándome cual es el camino correcto que seguir.

A mis amigos, quienes con su apoyo y sinceridad me brindaron una mano siempre que la necesite.

A mi tutor de tesis M.Sc. Jaime Macías, quien a lo largo de la carrera universitaria compartió valiosas enseñanzas académicas y de vida.

Miguel Ángel Guerrero Mendoza

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haberme brindado salud y fortaleza necesaria a lo largo de mi vida.

A mis padres, hermana y abuelos por su ejemplo y apoyo incondicional durante toda mi vida.

A esa persona especial, que me brinda su compañía y afecto 24/7 y me motiva a ser mejor cada día.

Al "Trollcenter", por su invaluable amistad durante tantos años desde el colegio hasta la universidad.

Emilio José Illescas Rodríguez

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la Materia Integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Autor 1: Emilio José Illescas Rodríguez

Autor 2: Miguel Ángel Guerrero Mendoza

Tutor: MSc. Jaime Eduardo Macías Aguayo

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



EMILIO JOSÉ  
ILLESCAS RODRÍGUEZ  
AUTOR 1



MIGUEL ÁNGEL  
GUERRERO MENDOZA  
AUTOR 2



M.Sc. JAIME EDUARDO  
MACÍAS AGUAYO  
TUTOR MATERIA  
INTEGRADORA

## RESUMEN

El proyecto se elaboró en una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos de acero, cuya función principal es la producción de perfiles y tubos de acero para el mercado nacional e internacional. El enfoque del proyecto es orientado a los productos fabricados en la línea 4KU del área de producción en la planta tres ubicada en la ciudad de Guayaquil, donde, basado en los datos históricos de los años 2015, 2016 y 2017, se evidenció que existe un incremento en los costos de gestión de inventario mensual. El costo de gestión de inventario abarca los costos por mantener inventario, costos por obsolescencia y costos por ventas perdidas, por lo tanto se busca la reducción de los mismos. El proyecto se desarrolló aplicando la metodología DMAIC, en la cual se realizó la definición del problema, recolección de información, análisis de causas, planteamiento de soluciones e implementación de la mejora. La propuesta de mejora se eligió diseñar un sistema de control de producción en Microsoft Excel, en este caso se optó por un sistema de control Buffer Management, en el cual se involucró establecer tamaños de lote de producción óptimos, niveles de inventario con señalización mediante semáforos y un método de secuenciación óptima de producción. Para validar el modelo se realizó una simulación en el software Flexsim, con el objetivo de hacer un contraste entre la situación actual y la propuesta de mejora. En conclusión, se obtuvo que los costos mensuales por gestión de inventario disminuyen en un 12%, resultando en una reducción de \$9,717.34 dólares mensuales.

## **ABSTRACT**

*The project was developed in a company dedicated to the manufacture and commercialization of steel products, whose main function is the production of profiles and steel pipes for the national and international market. The focus of the project is oriented to the products manufactured in the 4KU line of the production area in the plant three located in Guayaquil city, where, based on the historical data of the years 2015, 2016 and 2017, it was evidenced that there is an increase in the monthly inventory management costs. The inventory management covers the costs of maintaining inventory, obsolescence costs and lost sales costs, therefore reducing them is sought. The project was developed using the DMAIC methodology, in which the problem definition, information gathering, analysis of causes, solution approach and improvement implementation were made. The improvement proposal was to design a production control system in Microsoft Excel, in this case we chose a Buffer Management control system, which involved establishing optimal production batch sizes, inventory levels with signaling by traffic lights and an optimal production sequencing method. To validate the model, a simulation was carried out in the Flexsim software, with the aim of making a contrast between the current situation and the improvement proposal. In conclusion, it was obtained that the monthly costs for inventory management decrease by 12%, resulting in a reduction of \$ 9,717.34 dollars per month.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Alcance del proyecto .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Six-Sigma.....	3
1.4.2 Herramienta 3W + 2H .....	3
1.4.3 VOC .....	3
1.4.4 SIPOC.....	4
1.4.5 Inventarios .....	4
1.4.6 Pronósticos .....	4
1.4.7 DMAIC .....	5
1.4.8 Costo de mantener inventario .....	6

1.4.9	Costo de producción .....	6
1.4.10	Costo por venta tardía.....	6
1.5	Restricciones.....	6
CAPÍTULO 2 .....		8
2.	Metodología .....	8
2.1	Definición.....	8
2.2	Declaración del problema.....	10
2.2.1	Identificación de necesidades del cliente .....	11
2.3	Medición .....	12
2.3.1	Medición de la situación actual .....	12
2.3.2	Recolección de datos.....	12
2.3.3	Descripción de datos.....	13
2.3.4	Validación de datos.....	14
2.4	Análisis .....	14
2.4.1	Árbol de problemas.....	15
2.4.2	Matriz de priorización de causas.....	16
2.4.3	Plan de verificación de causas.....	17
2.4.4	Verificación de causas .....	18
2.4.5	Herramienta 5 “Por qué” .....	21
2.5	Mejora .....	22
2.5.1	Definición de soluciones. ....	22
2.6	Control.....	30
CAPÍTULO 3 .....		33
3.	Resultados.....	33
CAPÍTULO 4 .....		38



4. Conclusiones y Recomendaciones.....	38
4.1 Conclusiones.....	38
4.2 Recomendaciones.....	39
BIBLIOGRAFÍA .....	40
APÉNDICES.....	41

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define. Measure, Analyze, Improve & Control
MP	Materia Prima
WIP	Work in Process
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Output & Customers
VOC	Voice of Customer
BM	Buffer Management
TOC	Theory of Constrains
SKU	Stock Keeping Unit
PIB	Producto Interno Bruto

## SIMBOLOGÍA

Kg	Kilogramos
U	Unidades
\$	Dólares
Ton	Toneladas
\$/Kg	Dólares por Kilogramos
\$/Ton	Dólares por Toneladas

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama SIPOC.....	9
Figura 2.2 Herramienta 5W + 2H.....	10
Figura 2.3 Árbol de problemas .....	16
Figura 2.4 Matriz impacto vs control.....	17
Figura 2.5 Histórico exceso de producción.....	19
Figura 2.6 Histórico de faltantes .....	20
Figura 2.7 Revisión de técnicas de pronóstico .....	20
Figura 2.8 Definición de soluciones.....	26
Figura 2.9 Matriz impacto vs esfuerzo .....	26
Figura 2.10 Soluciones seleccionadas .....	27
Figura 2.11 Diagrama de implementación .....	30
Figura 2.12 Capacitación del personal .....	31
Figura 3.1 Simulación base .....	33
Figura 3.2 Simulación mejora.....	34
Figura 3.3 Niveles de Inventario Actual vs Mejora.....	34
Figura 3.4 Faltantes Actual vs Mejora .....	35
Figura 3.5 Costo promedio mensual por Gestión de Inventario Actual vs Mejora .....	36
Figura 3.6 Diferencia de medias de los niveles de inventario.....	37
Figura 3.7 Diferencia de medias de faltantes .....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Variables (VOC).....	11
Tabla 2.2. Plan de recolección de datos.....	13
Tabla 2.3. Verificación de causas.....	18
Tabla 2.4. 5 “Por qué”.....	21
Tabla 2.5. Causas raíces.....	21
Tabla 2.6. Propuestas de mejora.....	22
Tabla 2.7. Cálculo de esfuerzo.....	24
Tabla 2.8. Cálculo de impacto.....	25
Tabla 2.9 : Plan de implementación.....	29
Tabla 2.10 Plan de Control.....	32

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La demanda creciente del sector manufacturero ha hecho que las empresas tengan la necesidad de mejorar sus procesos productivos, desde una planificación óptima de la producción hasta el control de la misma; garantizando la disponibilidad de sus artículos finales en las cantidades correctas y en las fechas de entrega establecidas. El desarrollo del sector metalmecánico es uno de los objetivos de las políticas económicas del Ecuador, cuyo peso es considerable en el sector manufacturero representando cerca del 1,5% del PIB, de ahí que en el 2014 su participación alcanzó el 11,30%.<sup>1</sup>

La compañía, con más de 40 años de experiencia en la producción y distribución de productos de acero en el mercado nacional e internacional, se ve afectada por este factor. Se requiere tener una cantidad óptima de inventario de productos finales para cumplir las exigencias del mercado, sin que exista desabastecimiento o sobreproducción. Por este motivo, se propone un proyecto que permita al personal una administración óptima de la producción, que consiste en: garantizar la disponibilidad de sus productos finales, reducir los costos asociados a las ventas perdidas, disminuir los costos de mantenimiento de inventario y mejorar el nivel de servicio al cliente.

---

<sup>1</sup> ZOOM al sector metalmecánico (31/03/2015). *Revista Ekos*, p. 1

Recuperado de <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=5588>

## **1.1 Descripción del problema**

La empresa objeto de estudio ha presentado un alto costo de administración de inventario en la línea de producción "4KU" al final de cada mes desde el año 2016, para productos fabricados en la planta número tres de la ciudad de Guayaquil, que se evidencia en el histórico de costos en el cual se estableció que en septiembre del 2017 alcanzó el nivel más alto de costos de gestión de inventario de \$ 37.476,36, en comparación con el costo de la línea de producción que fue de \$ 16.634,11 en el mes de mayo del mismo año, a partir de estos datos se establece que existen posibilidades de encontrar un punto de equilibrio, para reducir riesgos de pérdida por obsolescencia, inversión innecesario de mantenimiento, costos de materia prima, entre otros.

## **1.2 Alcance del proyecto**

El alcance del proyecto en la empresa METALES S.A. nombre ficticio previamente acordado por el grupo de trabajo, parte desde la descripción del problema relacionado con la gestión de inventario pasando por un análisis de las causas que finalmente conducen a la búsqueda y determinación de una solución que contemple las variables implícitas en el objeto de estudio. Hay que mencionar, que para el desarrollo del proyecto se destinarán aproximadamente cuatro meses, durante el proceso se plantearán correlaciones entre las causas y posibles soluciones que se plasmarán en el futuro diseño.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Reducir el costo mensual de gestión de inventario para los productos fabricados en la línea "4KU" en la planta número tres en Guayaquil, para garantizar los niveles de inventario óptimos al menor costo posible.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las principales causas relacionadas con el alto costo de la gestión de inventario analizando los impactos respectivos.

- Establecer medidas pertinentes para la reducción de los altos costos de la gestión de inventario.
- Selección de la propuesta pertinente para la disminución de los costos de la gestión de inventario.
- Validar la propuesta de mejora para la determinación de la factibilidad de implementación en la organización.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Six-Sigma**

Six sigma es la metodología más utilizada por las organizaciones para lograr altos niveles de eficiencia en sus procesos, analizando la variación y proponiendo futuras mejoras a base de sus datos históricos. Se trata de una filosofía para que las compañías puedan eliminar falencias en sus productos y procesos. Se define como un producto o proceso defectuoso que no cumple con las especificaciones requeridas por los clientes internos y externos. Toda situación dentro de una compañía representa una probabilidad de ocurrencia de defectos y con la metodología Six-sigma se reduce la variabilidad dentro de los procesos que pueden generar defectos.

### **1.4.2 Herramienta 3W + 2H**

La herramienta 3W + 2H se utiliza para el control de procesos y gestión de la calidad, permitiendo un fácil entendimiento de los temas involucrados y pasos a seguir. Consiste en responder preguntas fundamentales para el desarrollo de cualquier proyecto o plan de acción.

### **1.4.3 VOC**

Es una herramienta que se utiliza para identificar los requerimientos del cliente, estableciendo prioridades del negocio a base de sus necesidades e identificar si el emprendimiento podría satisfacer las exigencias con un precio justo.

Los deseos de los clientes se identifican por medio de interacción directa, entrevistas y herramientas como el focus group, que sirven para detectar los requerimientos críticos del producto o servicio.



#### **1.4.4 SIPOC**

El diagrama SIPOC es una herramienta de calidad de alto nivel, conformado por las siglas en ingles que generan un acrónimo de: Proveedores (S), entradas (I), procesos (P), salidas (O) y Clientes (C).

- Los proveedores son las entidades que abastecen de todos los recursos necesarios para la transformación de materia prima en producto terminado o servicio.
- Los inputs están compuestos por los materiales e información que ingresa al proceso.
- El proceso son todos los pasos que se llevan de manera sistemática para realizar el bien o servicio.
- La salida es el bien o servicio que deberá reunir los requerimientos del cliente
- Los clientes se pueden encontrar dentro y fuera de la organización.

El diagrama SIPOC es una herramienta muy útil, que permite expresar de forma global todos los elementos que intervienen en el proceso permitiendo contemplar todo lo que forma parte del proceso.

#### **1.4.5 Inventarios**

Son los bienes, componentes, subcomponentes, trabajo en proceso, productos terminados e insumos que son requeridos través de los canales de producción y logística de la empresa o la organización.

#### **1.4.6 Pronósticos**

Es una estimación de la demanda a futuro, es una forma de predecir que sucederá con las ventas futuras de los productos o de la adquisición de los servicios proporcionados por la compañía. Se puede determinar por estrategias matemáticas utilizando información histórica o utilizando estimados procedentes de otras fuentes.

### **1.4.7 DMAIC**

Es una metodología aplicada a la mejora continua de los procesos existentes en la organización. Esta herramienta de la calidad se apoya de métodos estadísticos, teniendo en cuenta la importancia de los datos recolectados y la valides de los mismos.

#### **Definir (Define)**

En esta etapa se define el problema, identificando las necesidades y objetivos de la empresa. Se realiza un levantamiento de información para identificar los procedimientos, inconvenientes y condicionantes relacionados al mismo.

#### **Medir (Measure)**

En la etapa de medición, se determina las variables que se van a medir y cómo se las van a medir. Se realiza una cuantificación del problema para tener una precisa visión del mismo.

#### **Analizar (Analyze)**

Una vez definido y evidenciado el problema, se procede a descubrir las causas que provocan que se genere el mismo. Se realiza un análisis detallado para determinar las variables más influyentes al problema.

#### **Mejorar (Improve)**

Al determinar las causas raíces, se procede a plantear posibles soluciones al problema. La solución óptima será la que represente el mayor impacto al menor costo posible.

#### **Controlar (Control)**

Finalmente en la etapa de control, se implementa la solución y se evalúan resultados. Se establecen medidas para asegurar el mantenimiento de la solución.

#### **1.4.8 Costo de mantener inventario**

Es el costo en el que se incurre al guardar o mantener inventario a través del tiempo tomando en cuenta todos los costos que intervienen en el almacenamiento.

#### **1.4.9 Costo de producción**

Es el costo en el que se incurre al producir una unidad de un bien o servicio tomando en cuenta todos los costos que intervienen en la producción.

#### **1.4.10 Costo por venta tardía**

Es el costo en el que se incurre al llegar al acuerdo con el cliente para completar un pedido de un bien o servicio en una fecha posterior a la establecida inicialmente.

### **1.5 Restricciones**

Para el presente proyecto se considera las siguientes restricciones:

- El sistema de control de producción será sólo para la línea de producción “4KU” en la planta #3 localizada en la ciudad de Guayaquil. El proyecto abarcará desde el diseño del sistema de control hasta la simulación del mismo.
- **Información de la Empresa:** La empresa tiene como política de confidencialidad, no proporcionar cierto tipo de información como seguridad de que no exista algún tipo de filtración de la misma hacia la competencia.
  - **Base de datos:** La base de datos proporcionada abarca desde el año 2016 (todos los meses) hasta el mes de septiembre del año 2017.

- **Costo de ventas de producto:** Por motivos de confidencialidad, estos costos no fueron proporcionados, sin embargo la empresa nos indicó que el 80% de sus costos están asociados a la materia prima y la diferencia a la producción y logística.
- **Costos de mantener inventario:** Para el desarrollo de este proyecto, se asumió que los costos de mantenimiento de inventario generados durante el año 2016 hasta septiembre del año 2017, debido a la información entregada por la misma.

# CAPÍTULO 2

## 2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se utilizará la metodología Seis-Sigma conocida como DMAIC, la cual está enfocada en la mejora incremental de procesos existentes.

La metodología DMAIC está compuesta de 5 etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, las cuales se detallan a continuación.

### 2.1 Definición

En esta etapa se realizó un levantamiento de información sobre el proceso actual de producción y manejo de inventario de productos finales para determinar los costos que se generan y con la misma poder definir el problema, para lo cual se utilizó herramientas como: 3W+ 2H, SIPOC y VOC.

Se realizó un diagrama SIPOC para el proceso de fabricación de tubos, desde la liberación de las órdenes hasta el almacenamiento del producto final, de forma que se puedan identificar las relaciones de los procesos entre los proveedores, entradas, salidas y clientes, tal como se muestra en la figura 2.1:

<b>SUPPLIER</b>	<b>INPUT</b>	<b>PROCESS</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>CUSTOMER</b>
<b>Vendedores</b>	<b>Órdenes de Clientes</b>	<b>Liberación de órdenes de ventas</b>	<b>Órdenes de ventas</b>	<b>Jefe de Planificación</b>
<b>Jefe de Planificación</b>	<b>Órdenes de Ventas</b>	<b>Coordinar programación</b>	<b>Órdenes de producción programadas</b>	<b>Supervisor de Corte</b>
<b>Supervisor de Corte</b>	<b>Órdenes de producción programadas</b>	<b>Liberación de órdenes de producción</b>	<b>Órdenes de producción</b>	<b>Operador de corte</b>
<b>Corte Flejes</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Cortar</b>	<b>Producto en proceso</b>	<b>Termoformado</b>
<b>Termoformado</b>	<b>Producto en proceso</b>	<b>Moldear</b>	<b>Producto en proceso</b>	<b>Soldado</b>
<b>Soldado</b>	<b>Producto en proceso</b>	<b>Soldar</b>	<b>Producto en proceso</b>	<b>Calibración</b>
<b>Calibración</b>	<b>Producto en proceso</b>	<b>Calibración de forma</b>	<b>Producto en proceso</b>	<b>Corte Tubos</b>
<b>Corte Tubos</b>	<b>Producto en proceso</b>	<b>Cortar</b>	<b>Producto final</b>	<b>Almacenamiento</b>

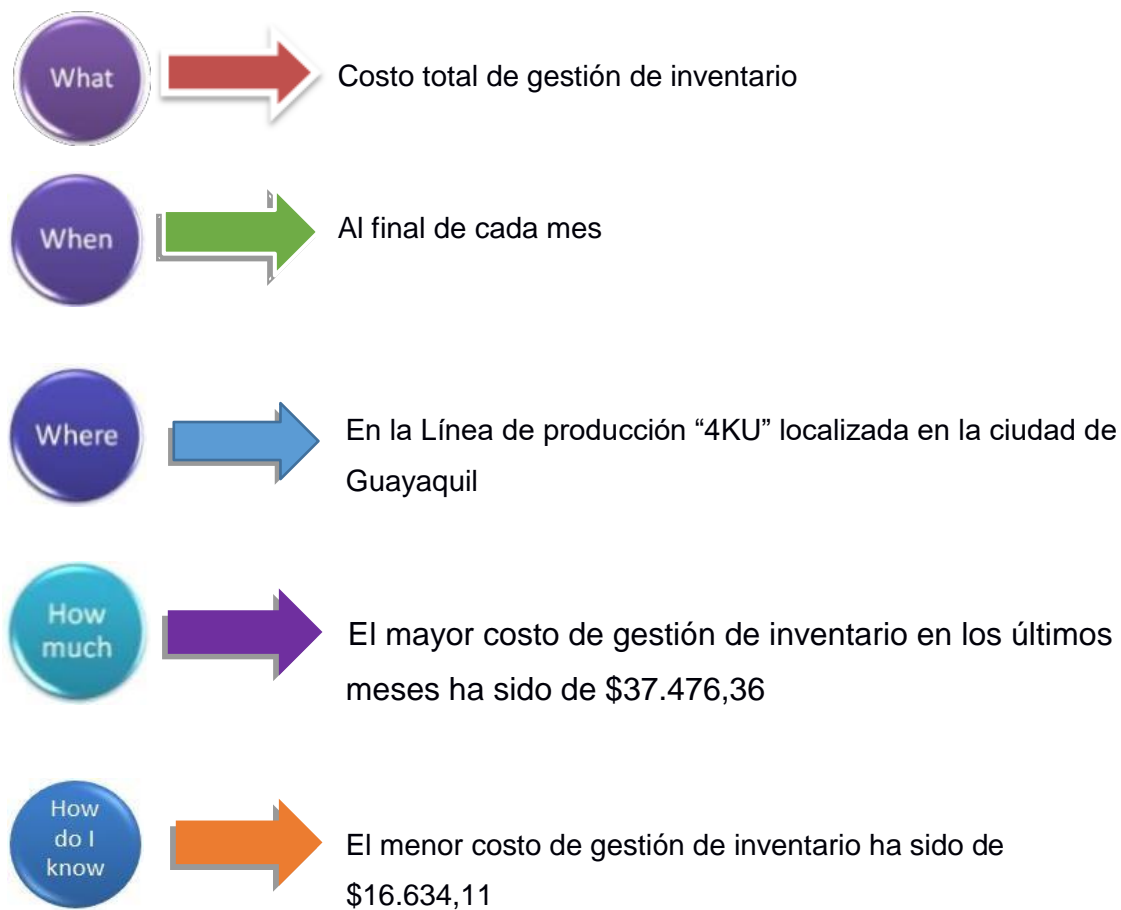
**Figura 2.1 Diagrama SIPOC**

Elaboración propia

Al finalizar el análisis SIPOC obtenemos que los procesos con mayor influencia relacionados al planteamiento del problema son desde el proceso de Termoformado hasta el almacenamiento del producto final.

## 2.2 Declaración del problema

Para la declaración del problema se utilizó la herramienta 3W+2H en la que se plantean preguntas guías para la correcta formulación del mismo.



**Figura 2.2 Herramienta 5W + 2H**

Elaboración propia

Utilizando la herramienta que se muestra en la Figura 2.2, el problema quedó declarado de la siguiente manera:

“La empresa ha presentado un alto costo de administración de inventarios al final de cada mes para productos fabricados en la línea de producción "4KU" en la planta # 3 de la ciudad de Guayaquil, sabiendo que el costo más alto de gestión del inventario llegó a ser de \$ 37.476,36, cuando el costo de la línea de producción ha sido fue de \$ 16.634,11”.

### 2.2.1 Identificación de necesidades del cliente

Para poder identificar la situación actual de la compañía, es necesario obtener la información desde las perspectivas del personal involucrado del departamento de producción. Por esto se realizan entrevistas con diferentes entidades para la recolección de las necesidades o reclamos sobre la situación actual del proceso de producción de tubos.

Por medio de la herramienta VOC (Voz del cliente), se obtiene la información presentada en la Tabla 2.1 a continuación:

**Tabla 2.1 Variables (VOC)**

VOC / Reclamos	Variables secundarias	Variable principal
“Cuando hay tubos, no hay la cantidad necesaria”	Costo por mantener inventario (\$/Ton)	Costo total de gestión de inventario (\$)
“Un producto se vuelve a producir después de aproximadamente mes y medio”		
“A veces no hay el producto que requiere el cliente y se lo entrega tarde”		
“Se requiere cortar más flejes por si acaso”	Costo por venta perdida (\$/Ton)	
“Existe exceso de Tubos en el piso”		

Elaboración propia



Por lo tanto, las variables que se van a ser medidas para la situación actual y los resultados del proyecto serán: inventario de productos finales, Lead time por producto, costo por entrega tardía, costo por mantener inventario, y tamaño del lote de producción.

## **2.3 Medición**

### **2.3.1 Medición de la situación actual**

En esta etapa se detalla la información a recolectar, descripción de datos y plan de recolección de datos.

### **2.3.2 Recolección de datos**

Una vez definido el problema, se recolectaron los datos referentes al área de producción y de supply chain. Posteriormente se los analizará para identificar aquellas variables que influyen en la generación de causas al problema.

A continuación, en la Tabla 2.2 se muestra el plan de recolección de datos que se utilizó para esta etapa:

**Tabla 2.2. Plan de recolección de datos**

PLANE RECOPIACIÓN DE DATOS							
Proyecto:	Diseño y simulación de un sistema de control de producción			Proyecto de Líderes:	Miguel Guerrero Emilio Illescas		
Responsable	Información para recolectar				Confianzas relacionadas	¿Por qué es necesario recolectar?	¿Cómo se mide?
	Variables	Unidades	Tipo de datos	¿Dónde está la información?			
Supervisor de producción	Lista de SKU	Unidades	Discreto	Sistema IBS de la empresa	Qué: nombres de productos Dónde: departamento de producción Cuándo: mensual	Grupo por familia de productos	Base de datos de la compañía
Supervisor de producción	Demanda de productos de la línea "4KU"	Dólares	Continuo	Sistema IBS de la empresa	Qué: Estimar la demanda futura Dónde: departamento de producción Cuándo: mensual	Identificar la distribución de la demanda y el pronóstico	Base de datos de la compañía
Sistemas integrados de gestión	Histórico de paradas programadas de la máquina "4KU"	Horas	Continuo	Sistema IBS de la empresa	Qué: Frecuencia y duración del mantenimiento Dónde: departamento de Sistemas integrados Cuándo: mensual	Determine la disponibilidad de la máquina	Base de datos históricos de tiempos de inactividad
Sistemas integrados de gestión	Histórico de paradas no programadas de la máquina "4KU"	Horas	Continuo	Sistema IBS de la empresa	Qué: Frecuencia y duración de los tiempos de Dónde: departamento de Sistemas integrados Cuándo: mensual	Determine la disponibilidad de la máquina	Base de datos históricos de tiempos de inactividad
Supervisor de producción	Agotar	Montones	Continuo	Sistema IBS de la empresa	Qué: Ventas perdidas Dónde: departamento de producción Cuándo: mensual	Determinar el nivel de servicio con la disponibilidad de productos finales	Base de datos histórica de longitud de inventario
Supervisor de producción	Peso unitario por producto fabricado en la línea "4KU"	Kgs	Continuo	Sistema IBS de la empresa	Qué: Pesos de productos Dónde: departamento de producción Cuándo: mensual	Determine la cantidad de unidades por tonelada	Base de datos de producción

Elaboración propia

### 2.3.3 Descripción de datos

- Listado de los SKUs – Código de los productos, peso, calidad, volumen, etc. que nos servirán para referenciar y analizar la data.
- Listado de los costos de |producción de los SKUs – Costos de producción asociados a cada SKU.
- Histórico de ventas de los productos producidos en la línea “4KU” – Históricos mensuales de las ventas de los productos producidos en la línea “4KU”.
- Histórico de paradas programadas de la línea “4KU” - Históricos mensuales de las paradas programadas como Set ups y Mantenimiento preventivo en la línea “4KU”.
- Histórico de paradas no programadas de la línea “4KU” – Históricos mensuales de las paradas no programadas como averías en la línea “4KU”.

- Histórico de niveles de stock out – Históricos mensuales de los niveles de stock out en la línea “4KU”.
- Histórico de inventario de producto final de la línea "4KU" - Históricos mensuales de los niveles de inventario de producto final producidos en la línea “4KU”.
- Histórico de producto defectuoso en la línea "4KU" - Históricos mensuales de la cantidad de producto no conforme producidos en la línea “4KU”.
- Lotes promedio de producción de la línea "4KU" - Históricos mensuales de la producción de cada SKU producido en la línea “4KU”.
- Tiempos unitarios de producción de productos en la línea "4KU" – Tiempos de producción de cada SKU producidos en la línea “4KU”.
- Lead time de reabastecimiento de los productos de la línea "4KU" – Tiempos que toman volver a fabricar un producto en la línea “4KU”.

#### **2.3.4 Validación de datos**

Los datos obtenidos fueron proporcionados por el personal del área respectiva de la empresa. La compañía tiene una estricta política de confidencialidad de proporcionar poca información, esto utilizado como mecanismo de seguridad para que no exista algún tipo de filtración a la competencia, por lo cual no se pudo realizar una validación directa de los datos proporcionados, por lo que se asume que la información recopilada es verídica, válida y confiable.

#### **2.4 Análisis**

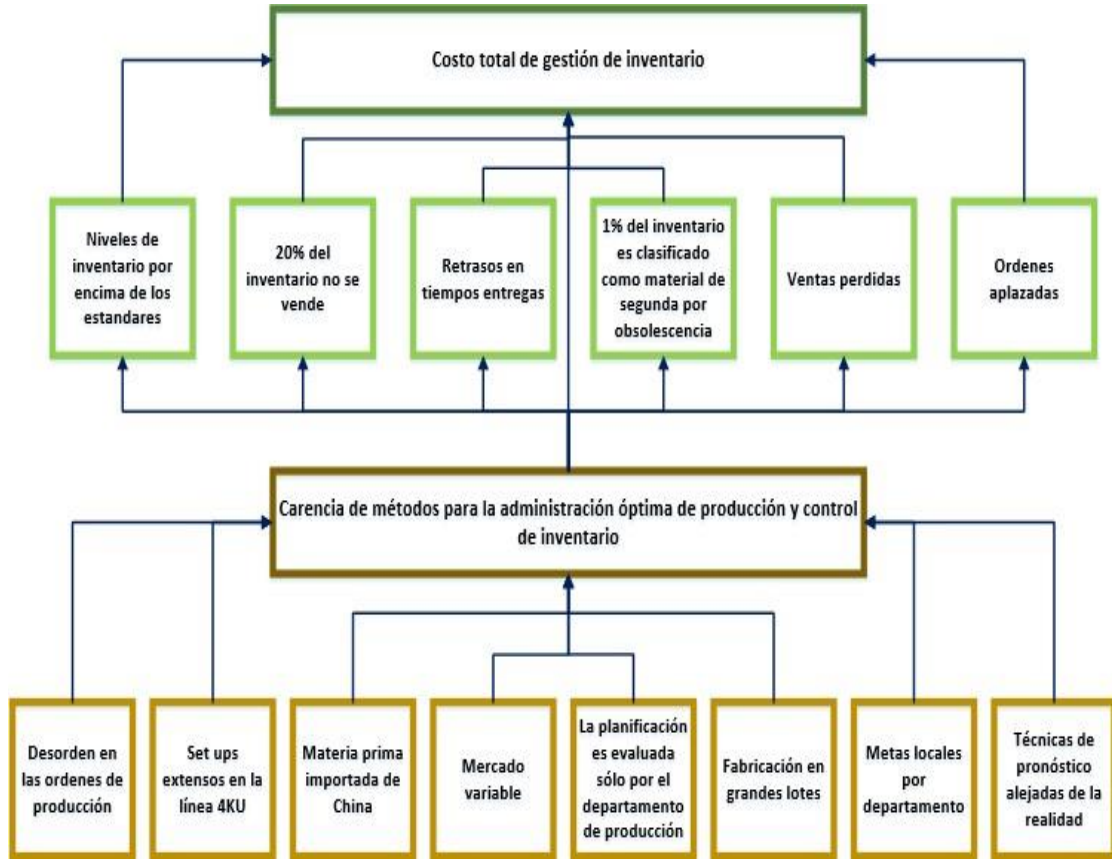
En la fase de análisis, se realizaron entrevistas al personal de producción y logística para determinar las causas potenciales que generan el alto costo de gestión de inventario. En esta etapa las herramientas utilizadas fueron:

- Árbol de problemas: esta herramienta se utilizó para identificar las causas potenciales que generan el problema del alto costo de gestión de inventario; en conjunto a esto se realizó un plan de verificación de causas detallando las más relevantes y el impacto de estas.

- Matriz impacto – control: esta matriz se implementó para realizar una ponderación de las causas, determinando las que generan mayor impacto y son de bajo control, las cuales serán el enfoque para determinar las causas raíces del problema.
- 5 Por qué: finalmente esta herramienta nos permite determinar las causas raíces de las causas potenciales. Las propuestas de posibles soluciones serán enfocadas en estas causas raíces.

#### **2.4.1 Árbol de problemas**

Esta herramienta nos permite diagramar el problema, determinando qué es lo que está pasando (Problema principal), por qué está pasando (Causas) y qué es lo que está ocasionando (Efectos). Esto nos permite una mejor comprensión del problema al desglosarlo en causas y consecuencias. A continuación, se realizó el árbol de problemas en base a la información proporcionada por parte del personal de producción y logística de la empresa que se puede observar en la Figura 2.3:



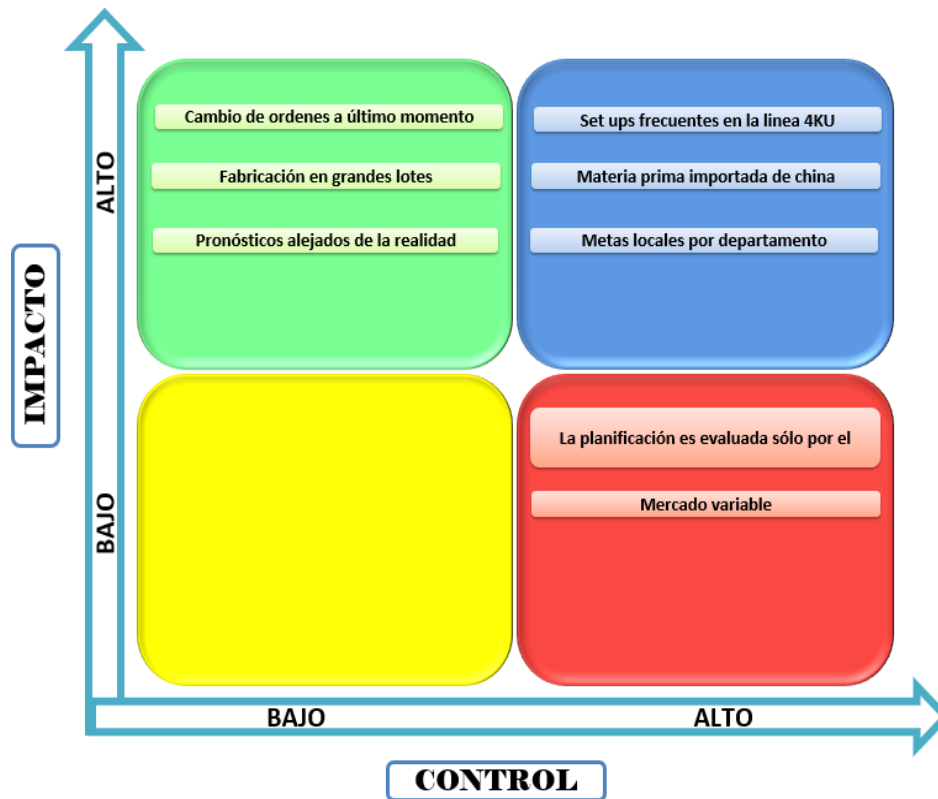
**Figura 2.3 Árbol de problemas**

Elaboración propia

En la figura se muestran todas las causas potenciales durante entrevistas con el personal de la empresa, posteriormente se elaboró una matriz de priorización para determinar cuales generan alto impacto y son de bajo control.

#### **2.4.2 Matriz de priorización de causas**

Al identificar las causas potenciales que tenían mayor influencia, se elaboró una matriz impacto – control, la cual está simbolizada por el eje horizontal (control) y el eje vertical (impacto) sobre cada causa como bajo o alto, de esta forma se crean los cuadrantes que se observan a continuación en la figura 2.4:



**Figura 2.4 Matriz impacto vs control**

Elaboración propia

Al realizar la matriz impacto – control, de las 8 causas potenciales, aquellas que generan alto impacto y son de bajo control relacionadas a los altos costos de gestión de inventario son:

- Desorden en las ordenes de producción
- Producir en grandes lotes
- Técnicas de pronóstico alejadas de la realidad.

### 2.4.3 Plan de verificación de causas

Se realizó un plan de verificación de causas para las causas potenciales correspondientes a las que generan alto impacto y son de bajo control de la matriz de priorización. De esta forma analizar y cuantificar el impacto de estas en la organización. A continuación, se muestra el plan de verificación en la tabla 2.3:

**Tabla 2.3. Verificación de causas**

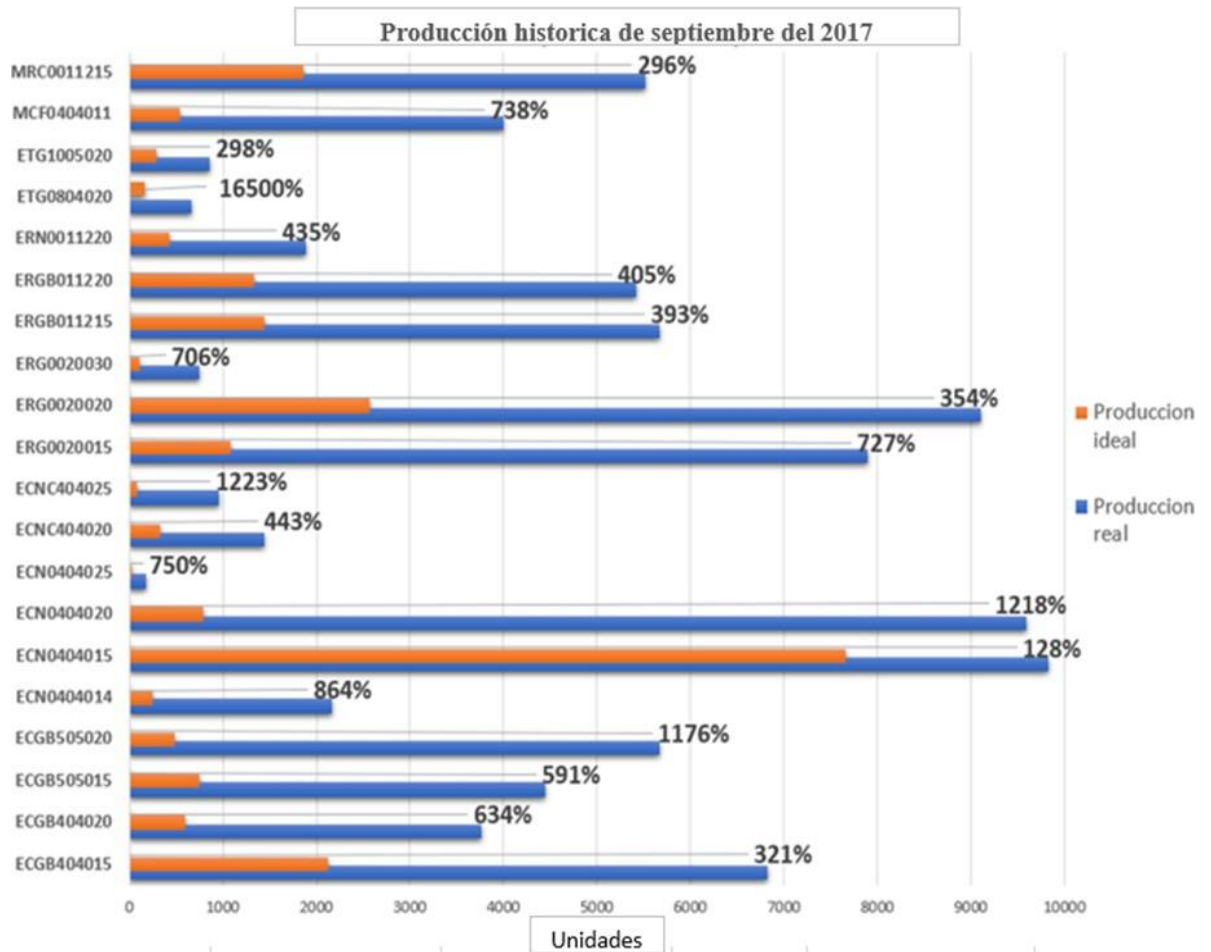
<b>Causas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Impacto</b>	<b>Modo de verificación</b>	<b>Estado</b>
<b>Fabricación en grades lotes</b>	Se realizan corridas largas de producción por producto	Excesos niveles de inventario causando aumento en costos de inventario	Entrevistas y datos históricos	Verificada
<b>Cambio de ordenes a último momento</b>	No existe una planificación adecuada entre ventas y producción	Se generan retrasos y backorders	Entrevistas y datos históricos	Verificada
<b>Técnicas de pronósticos alejadas de la realidad</b>	No existe una planificación adecuada entre ventas y producción	Se generan retrasos y aumento en costos de inventario	Entrevistas y datos históricos	Verificada

Elaboración propia

#### **2.4.4 Verificación de causas**

Se realizó la verificación de cada causa potencial por medio de análisis de datos históricos proporcionados por la empresa y entrevistas al personal de la empresa.

Al verificar la causa “Fabricación de grandes lotes” se procedió a analizar los datos históricos de producción para poder comprobar el porcentaje de exceso en la producción existente en el mes de septiembre del 2017, en esta grafica se puede determinar el desfase entre la producción real (barras de color azules) y la producción ideal para complacer la demanda del mes (barras de color naranja), como se puede observar en la Figura 2.5:

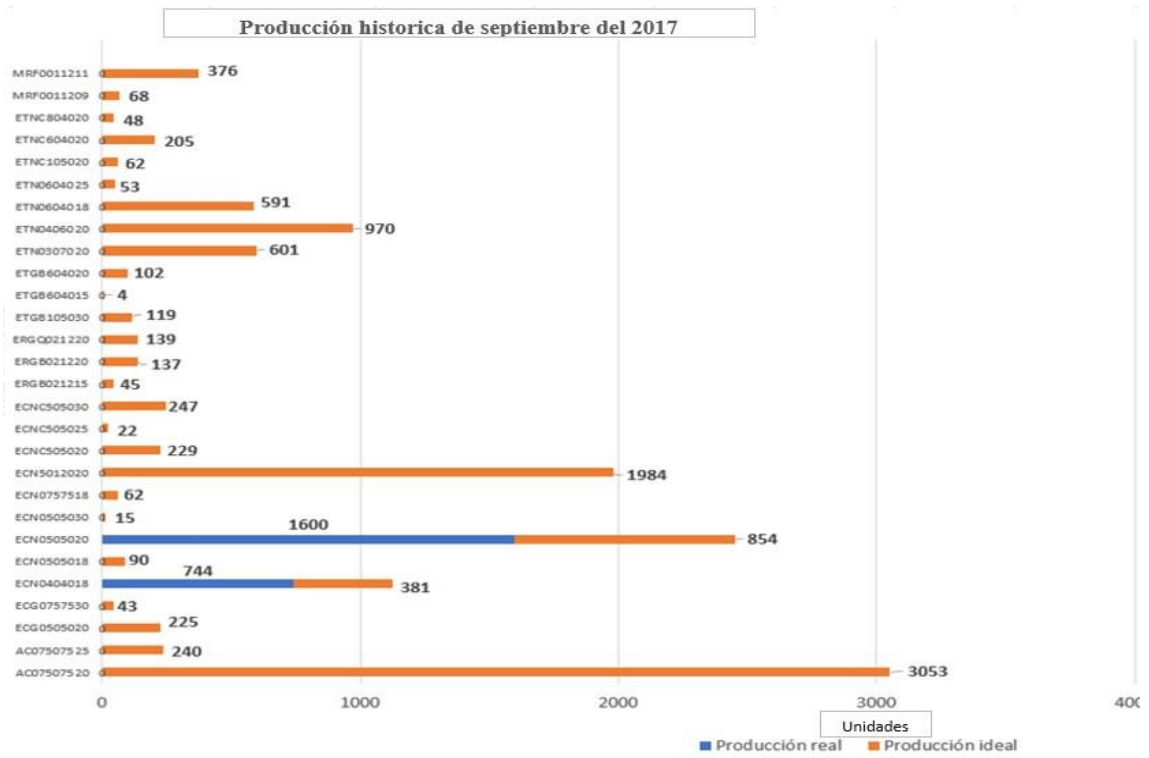


**Figura 2.5 Histórico exceso de producción**

Elaboración propia

Al verificar la causa “Técnicas de pronóstico alejadas de la realidad” se procedió a analizar los datos históricos de producción para poder comprobar el porcentaje de faltantes existentes en el mes de septiembre del 2017, en esta grafica se puede determinar el desfase entre la producción real (barras de color azules) y la producción ideal para complacer la demanda del mes (barras de color naranja), como se puede observar en la Figura 2.6:





**Figura 2.6 Histórico de faltantes**

Elaboración propia

Al verificar la causa “Técnicas de pronósticos alejadas de la realidad” se evidencio mediante entrevistas con el personal de la empresa y revisando las técnicas utilizadas para pronosticar la demanda cada mes, como se puede observar en la Figura 2.7:



**Figura 2.7 Revisión de técnicas de pronóstico**

Elaboración propia

### 2.4.5 Herramienta 5 “Por qué”

Se utilizó la herramienta 5 por qué para analizar estas causas y encontrar las causas raíces que afectan al problema establecido en el proyecto, se puede observar en la Tabla 2.4:

**Tabla 2.4. 5 “Por qué”**

Causa	1. ¿Por qué?	2. ¿Por qué?	3. ¿Por qué?	4. ¿Por qué?	5. ¿Por qué?	Causa raíz
Fabricación en grandes lotes	Porque el plan de producción no es eficiente	Debido a la producción innecesaria de algunos Skus	Porque se requiere para aprovechar las configuraciones	Porque las configuraciones tardan hasta 12 horas		Porque los setups tardan hasta 12 horas
	Porque el personal produce más de lo que se requiere	Porque el sistema les permite	Porque el sistema no establece límites de producción			Porque el sistema no establece límites de producción
Técnicas de pronósticos alejadas de la realidad	Porque hay retrasos y desabastecimientos	Porque la proyección de ventas no es precisa	Porque la proyección no considera las tendencias			Porque la proyección de demanda no considera las tendencias
Cambio de ordenes a último momento	Porque el personal ingresa órdenes que desorganizan el plan de producción	Debido a que llegan pedidos urgentes que deben cumplirse	Porque el producto requerido no estaba disponible	Porque no había suficiente espacio de almacenamiento en el almacén		Porque no había suficiente espacio de almacenamiento en el almacén

Elaboración propia

Como resultado del análisis de los 5 Por qué se identificaron las causas raíces asociadas a las causas potenciales, las cuales se presentan a continuación en la tabla 2.5:

**Tabla 2.5. Causas raíces**

Causa	Causa raíz
Fabricación en grandes lotes	Porque los setups tardan hasta 12 horas
	Porque el sistema no establece límites de producción
Técnicas de pronósticos alejadas de la realidad	Porque la proyección de demanda no considera las tendencias
Desorden en las ordenes de producción	Porque no había suficiente espacio de almacenamiento en el almacén

Elaboración propia

## 2.5 Mejora

En esta etapa de la metodología se establecieron posibles propuestas de mejora a base de las causas raíces identificadas en las etapas anteriores a través del análisis de 5 por qué's, se eligieron 2 criterios los cuales son el impacto y el esfuerzo necesario para cada solución propuesta, al final de la etapa se desarrolló un plan de implementación de las soluciones seleccionadas.

A continuación, se muestra las diferentes propuestas en la Tabla 2.6:

**Tabla 2.6. Propuestas de mejora**

Causas raíces	Soluciones propuestas
Porque los setups tardan hasta 12 horas	Implementar un sistema SMED en la máquina para configuraciones más rápidas
	Adquirir otra máquina para equilibrar la producción
Porque el sistema no establece límites de producción	Establecer un tamaño de lote de producción para los productos
	Diseñar un sistema que secuencie órdenes de producción
	Diseñar un sistema que administre las órdenes de producción
Porque la proyección de demanda no considera las tendencias	Diseñar un plan de producción agregado y maestro
Porque no había suficiente espacio de almacenamiento en el almacén.	Establecer niveles de inventario para que todos los productos estén disponibles
	Ampliar el almacén para adquirir más capacidad de almacenamiento

Elaboración propia

### 2.5.1 Definición de soluciones

Para poder definir las soluciones se evaluaron los criterios cuantitativamente con los líderes de proyectos y responsables de la línea de producción, el primer criterio evaluado es el criterio de esfuerzo el cual consta de 2 partes evaluadas con un criterio del 1 al 5 las cuales son:

**El costo de la solución.** - factibilidad de la solución en el aspecto monetario.

**Dificultad de implementación.** - Dificultad que tendrá al llevar a cabo la implementación.

A continuación, se muestra los resultados de la evolución de esfuerzo en la Tabla 2.7:

**Tabla 2.7. Cálculo de esfuerzo**

Solución propuesta	Costo (\$)	Esfuerzo	
		Evaluación-costo	Dificultad
A) Implementar un sistema SMED en la máquina para configuraciones más rápidas	\$100.000	3	4
B) Adquirir otra máquina para equilibrar la producción	\$ 250000 - \$ 30000	5	4
C) Establecer un tamaño de lote de producción para los productos	\$638	1	2
D) Diseñar un sistema que secuencia órdenes de producción	\$638	1	1
E) Diseñar un sistema que administre las órdenes de producción	\$638	1	1
F) Establecer niveles de inventario para que todos los productos estén disponibles	\$638	1	2
G) Diseñar un plan de producción agregado y maestro	\$3.000	2	2
H) Ampliar el almacén para adquirir más capacidad de almacenamiento	\$120.000	4	4

Elaboración propia

El segundo criterio evaluado es el impacto de la solución propuesta para poder realizar esta evaluación consta de 2 partes evaluadas con una calificación del 1 al 5 las cuales son:

**Factibilidad.** – Indica que tan posible es llevar acabo la solución tomando en cuenta reglamentos y normativas vigentes dentro de la organización.

**Sostenibilidad en él tiempo.** – si la solución es poco sostenible en el tiempo o si es bastante sostenible en él tiempo.

A continuación, se muestra los resultados de la evolución de esfuerzo en la Tabla 2.8:

**Tabla 2.8. Cálculo de impacto**

Solución propuesta	Impacto	
	Factibilidad	Sostenibilidad
A) Implementar un sistema SMED en la máquina para configuraciones más rápidas	2	4
B) Adquirir otra máquina para equilibrar la producción	2	4
C) Establecer un tamaño de lote de producción para los productos	5	2
D) Diseñar un sistema que secuencia órdenes de producción	5	3
E) Diseñe un sistema que administre las órdenes de producción	5	2
F) Establecer niveles de inventario para que todos los productos estén disponibles	4	3
G) Diseñar un proceso de planificación de producción agregado y maestro	5	3
H) Ampliar el almacén para adquirir más capacidad de almacenamiento	2	4

Elaboración propia

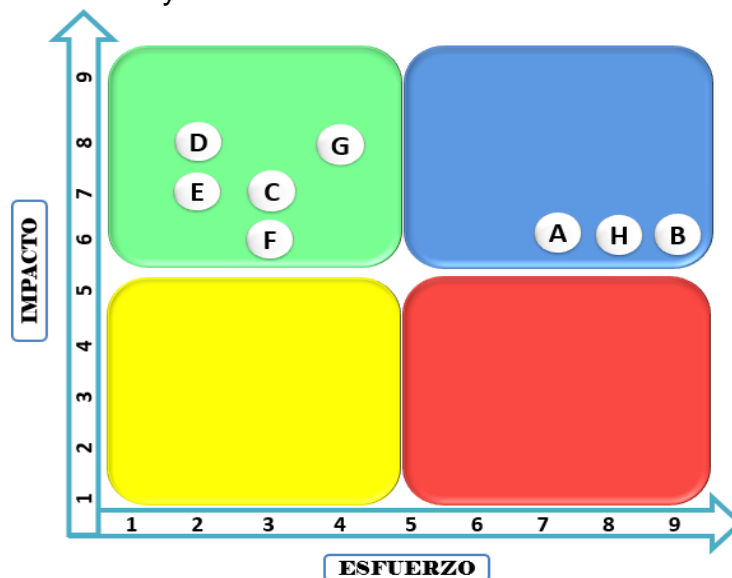
Se puede observar que, a base de los criterios evaluados, nos permite seleccionar las soluciones que tendrán mayor impacto y serán más fáciles de implementar en la organización estas soluciones fueron seleccionadas y evaluadas en conjunto con el supervisor encargado de la línea de producción 4ku, como se puede observar en la Figura 2.8:



**Figura 2.8 Definición de soluciones**

Elaboración propia

Una vez realizado la evaluación de cada una de las soluciones se procedió a realizar la matriz de impacto vs esfuerzo, la cual se puede observar en la Figura 2.9, en donde se ve reflejado en el eje horizontal la evaluación del esfuerzo y en el eje vertical la evaluación del impacto de cada una de las soluciones con un rango de calificación entre 1 y 9.

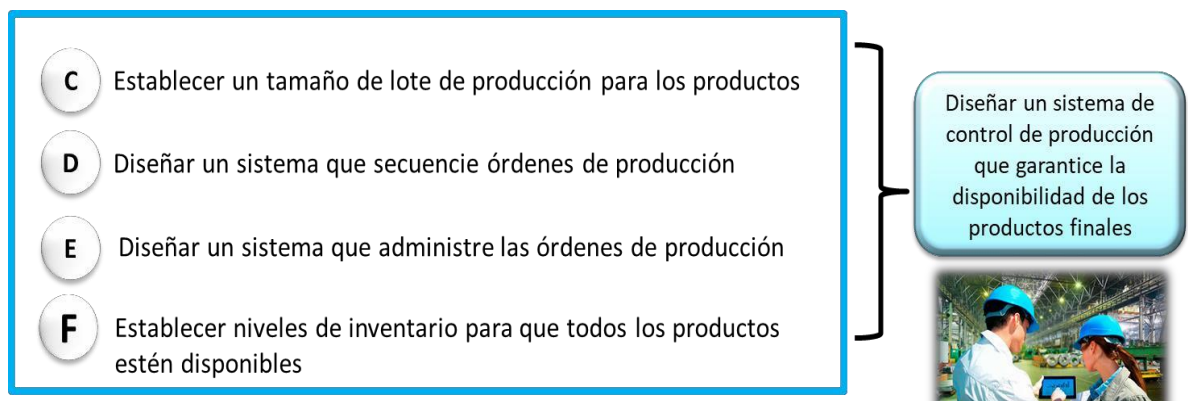


**Figura 2.9 Matriz impacto vs esfuerzo**

Elaboración propia

A base de la matriz anterior se pudo seleccionar las opciones C, D, E, F, G por ser las soluciones que no se necesita un gran esfuerzo para su aplicación y son de alto impacto dentro de la organización.

Para realizar las soluciones C, D, E, F en conjunto con los supervisores del área se estableció realizar un sistema de control de producción el cual ayudará a controlar los tamaños de lote de producción, la secuenciación de las órdenes y procurar tener niveles de inventarios óptimos para complacer los requerimientos de los clientes.



**Figura 2.10 Soluciones seleccionadas**

Elaboración propia

Esta solución ayudará a disminuir los costos de backorders, los costos de mantener inventario, costos de obsolescencia y a su vez atacando directamente a los costos por gestión de inventario la cual es nuestra variable principal de estudio.

El sistema de control que más se ajustó a las características de la empresa fue Buffer Management, sistema perteneciente a la metodología TOC, el cual en conjunto con el método de secuenciación basado en los cambios de producto, los tamaños de lote y niveles de inventario forman un sistema híbrido que permite controlar las órdenes en el piso de trabajo y mantener un control del lead time.



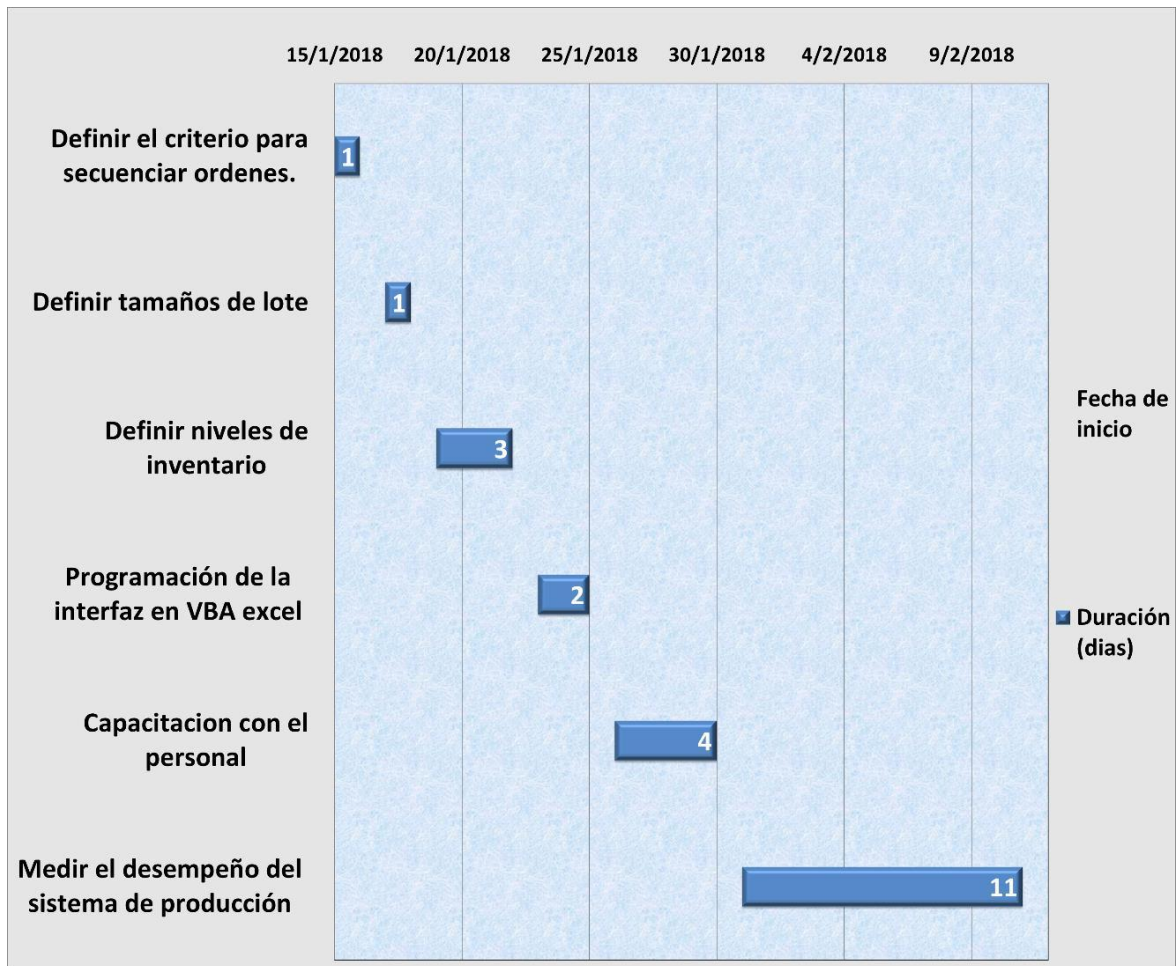
Para realizar la solución G en conjunto con los supervisores del área, se estableció realizar un plan agregado de producción el cual ayudara a la capacidad de la máquina y desarrollando una producción equilibrada tomando en cuenta las variables la fuerza de trabajo, costos de materia prima, horas extras, volumen de producción, etc.

Una vez establecida la aplicación de un sistema de control de la producción en la línea 4ku se realizó un plan para la implementación del sistema, el plan contiene qué se va a desarrollar, por qué se va a desarrollar en la organización, el costo de aplicación de la solución y los responsables de llevarlo a cabo; para mejor entendimiento se podrá observar a continuación en la tabla 2.9 y en la figura 2.11:

Solución propuesta	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?	¿Quien?
	Acción que realizar	Propósito de la acción	Actividades que realizar	Alcance	Fecha	Costo	Persona
Diseñar un sistema de control de producción que garantice la disponibilidad de los productos finales	Diseñar un sistema que ordene órdenes de producción	Mejorar el control de las ordenes de producción incluyendo un criterio de priorización	Definir el criterio de priorización para secuenciar ordenes de producción	En la maquina 4ku en el área de producción	15 enero - 16 enero	\$2.550	Líderes del proyecto Miguel Guerrero Emilio Illescas Juan Noblecilla
	Establecer un tamaño de lote de producción para los productos	Establecer tamaños de lotes adecuado tomando en cuenta los costos de producción y almacenamiento	Definir los costos de mantener inventario, costos de setup y la demanda promedio anual		17 enero - 18 enero		
	Establecer niveles de inventario para que todos los productos estén disponibles	Mejorar los niveles de inventario disminuyendo los costos por mantener inventario y obsolescencia	Definir niveles de inventario: Stock máximo, puntos de reorden, Stock de seguridad.		19 enero - 22 enero		
	Diseñar un sistema que administre las órdenes de producción	Regular la producción de los productos y las cantidades correctas	Programación de la interfaz en VBA Excel		23 enero - 25 enero		
	Socialización del programa prototipo	Comunicar a los interesados sobre el funcionamiento del programa prototipo para controlar la producción	Reunión con los empleados para informar el funcionamiento del programa		26 enero - 30 enero		
	Fase de prueba del programa prototipo establecido	Poner en funcionamiento el programa prototipo	Medir el desempeño del sistema de producción		30 enero - 11 febrero		

**Tabla 2.9 : Plan de implementación**

Elaboración propia



**Figura 2.11 Diagrama de implementación**

Elaboración propia

## 2.6 Control

En esta última etapa se establecen medidas para que las mejoras implementadas se mantengan a largo plazo, por este motivo se elaboró un manual, el cual se detalla en el APÉNDICE J, para el manejo correcto de la herramienta desarrollada. Una vez realizado este instructivo, se procedió a capacitar al personal para que se familiarice con el programa, como se puede observar en la Figura 2.12:



**Figura 2.12 Capacitación del personal**

Elaboración propia

Además, se realizó una simulación del modelo incluyendo los tamaños de lote, niveles de inventario, puntos de re-orden y las secuencias de producción establecidas para determinar la validez del sistema. Esta simulación adicionalmente tiene como propósito brindarle al usuario la capacidad de simular distintos escenarios, proporcionándole a la empresa una proyección del comportamiento del inventario bajo los parámetros que se deseen medir.

Finalmente, se establece un plan de control, en el cual contiene qué actividades se van a desarrollar, por qué es importante realizarlas, quién o quiénes estarán encargados de realizarlas y cómo deben realizarlas; el plan se detalla a continuación en la tabla 2.10:

**Tabla 2.10 Plan de Control**

Qué?	Por qué?	Quién?		Cómo?	Dónde?
		Area de producción	Area de bodega		
Seguimientos mensuales a los resultados de la planificación y control de producción	Es importante medir los resultados del sistema a largo y corto plazo	Jefe de producción	Jefe de logística	Mediante reuniones mensuales en las cuales se deberán recolectar y analizar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidades de <b>stockout</b> durante el mes.</li> <li>• Cantidades en bodega al finalizar el mes.</li> </ul>	Area de producción y logística
Actualización de los históricos de demanda.	Se debe actualizar los posibles cambios en el comportamiento de la demanda para tener pronósticos más acertados.	Supervisor de la línea 4ku	Supervisor de bodega	Mediante el almacenamiento de los históricos de las demandas y los pronósticos dentro de una base de datos de la empresa.	Area de producción y logística
Actualización de elementos del software	Se deben actualizar los parámetros utilizados en el software para evitar un desajuste en el control de la producción	Supervisor de la línea 4ku	Supervisor de bodega	El software de control deberá recibir mantenimiento un aproximado de cada 6 meses para recalcular los parámetros <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño de lote económico</li> <li>• Nivel de stock máximo</li> <li>• Nivel de punto de <b>reorden</b></li> <li>• Nivel de stock de seguridad</li> <li>• Clasificación ABC de los productos.</li> </ul>	Area de producción y logística
Capacitación del software para controlar la producción	Es importante mantener en constante capacitación al nuevo personal para asegurar un adecuado manejo del software	Supervisor de la línea 4ku	Supervisor de bodega	Mediante la instrucción del manual de usuario se podrá brindar una debida capacitación al personal entrante para asegurar un adecuado uso y mantenimiento del sistema de control.	Area de producción y logística

Elaboración propia

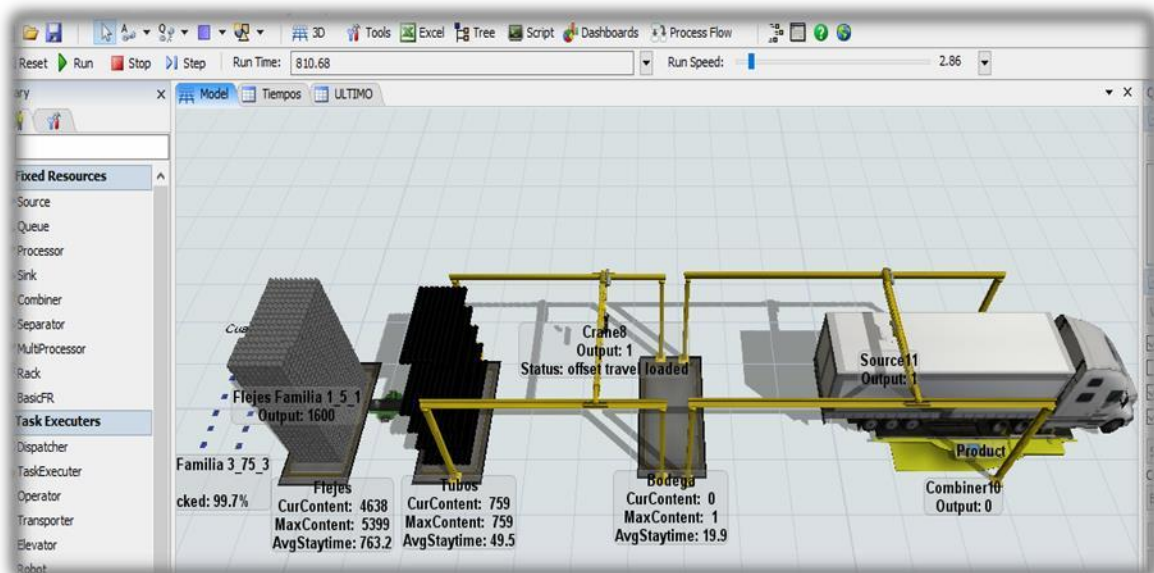
# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS

Para la validación de la solución se realizaron dos simulaciones en el software Flexsim, la primera (modelo base) para comparar con la situación actual y la segunda (modelo mejorado) con la implementación de la mejora. Para la primera simulación se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- Demanda de los productos
- Tiempos de cambio
- Tiempos de paradas no programadas
- Tiempos unitarios de producción

El modelo base se representa a continuación en la Figura 3.1:



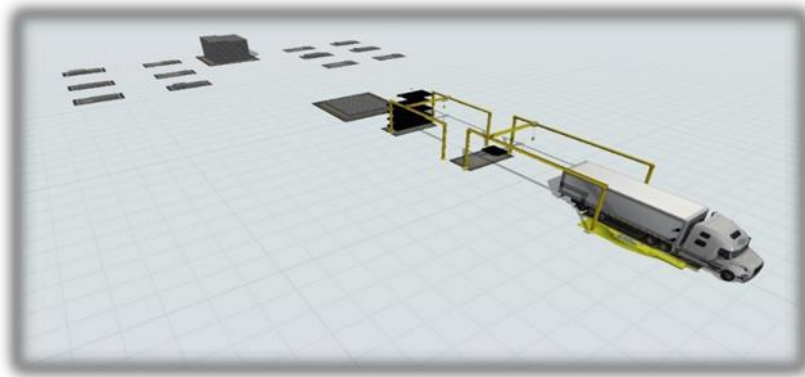
**Figura 3.1 Simulación base**

Elaboración propia



Con esta simulación se pudo validar que el lead time promedio de los productos A es 2,24 meses.

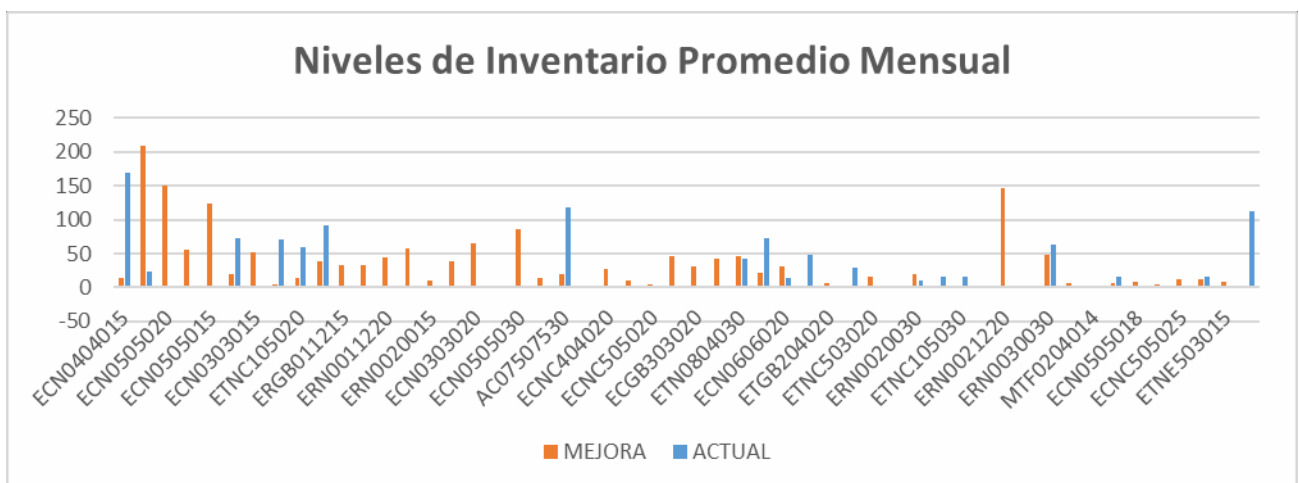
En la simulación de la mejora, adicional a las variables previamente mencionadas, se agregaron los niveles de inventario y tamaños de lote de producción para los productos, la cual se representa en la Figura 3.2:



**Figura 3.2 Simulación mejora**

Elaboración propia

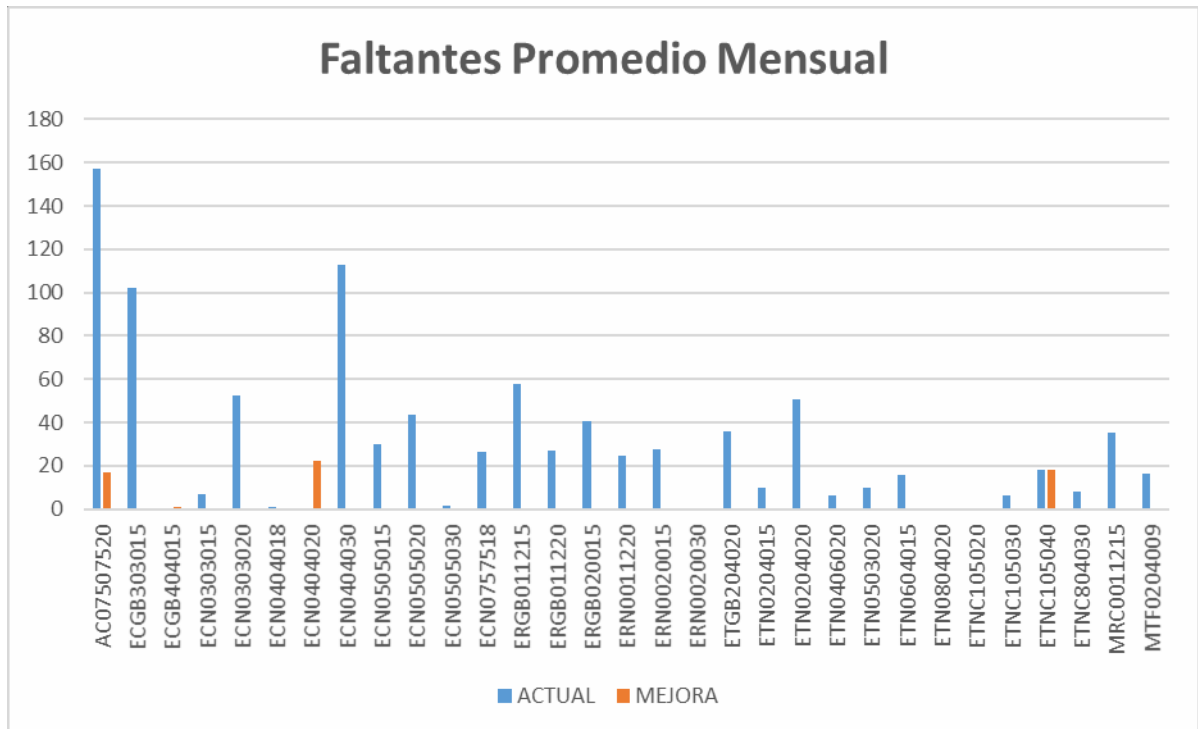
Los resultados de la simulación mejorada nos permitieron determinar un lead time de 1 mes, esto quiere decir, que el tiempo en que le toma a un producto volver a producirse se redujo. Se realizó un contraste entre los resultados obtenidos de la situación actual con la mejora propuesta con respecto a los niveles de inventario y faltantes; los resultados se muestran en la figura 3.3:



**Figura 3.3 Niveles de Inventario Actual vs Mejora**

Elaboración propia

Los resultados obtenidos para los niveles de inventario de la situación actual y la mejora fueron de 1651,89 y 1062,45 toneladas respectivamente, demostrando que hubo una reducción del 36% en los niveles de inventario con la propuesta de mejora.



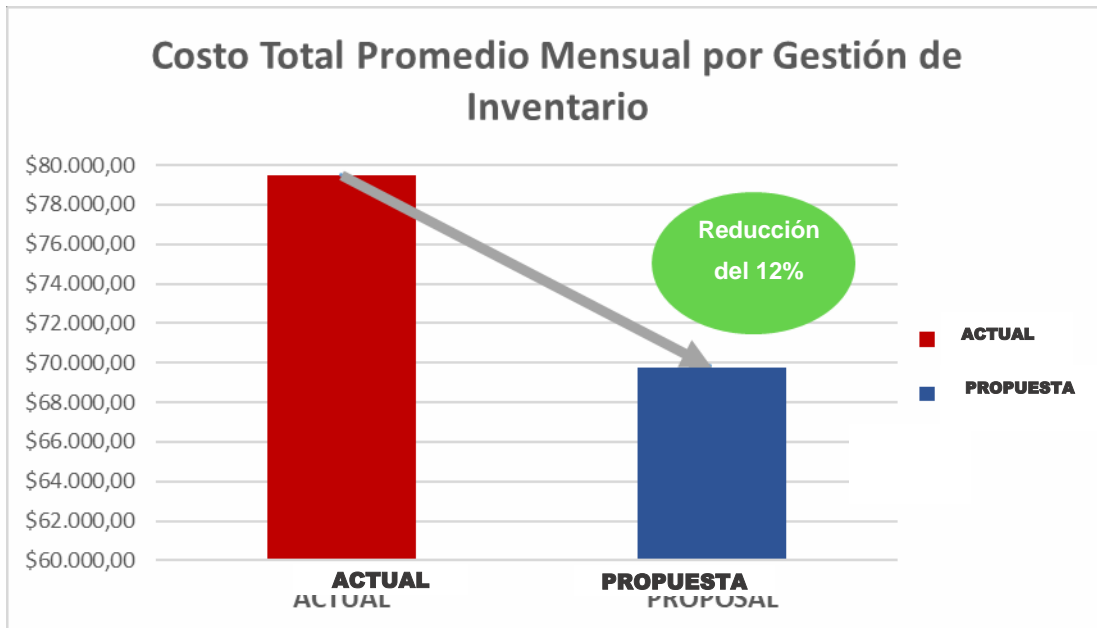
**Figura 3.4 Faltantes Actual vs Mejora**

Elaboración propia

Con respecto a la cantidad de faltantes mostradas en la figura 3.4, para la situación actual y la mejora se obtuvieron 923,96 y 59,69 toneladas de faltantes respectivamente, resultando en una reducción del 93% en la cantidad de faltantes con la propuesta de mejora.

Se procedió a realizar una comparación del impacto que tuvieron los resultados en los costos totales por gestión de inventario, los cuales se muestran en la figura 3.5:





**Figura 3.5 Costo promedio mensual por Gestión de Inventario Actual vs Mejora**

Elaboración propia

En base a la simulación, los costos por gestión de inventario en la situación actual y la mejora fueron de \$79.485,24 y \$69.767,90 respectivamente, representando una reducción del 12% en el costo total mensual por gestión de inventario.

Con el fin de comprobar si esta reducción fue realmente significativa, se desarrolla un análisis estadístico de diferencia de medias, tomando como las variables de medición niveles de inventario y faltantes de la situación actual y la mejora. En el caso de los niveles de inventario se tomó un tamaño de muestra de 50 y para los faltantes de 30.

Se realiza el planteamiento de hipótesis para ambos casos:

H0: No existe diferencia significativa entre los niveles de inventario de la situación actual y mejorada.

H1: Existe diferencia significativa entre los niveles de inventario de la situación actual y mejorada.

H0: No existe diferencia significativa entre los faltantes de la situación actual y mejorada.

H1: Existe diferencia significativa entre los faltantes de la situación actual y mejorada.

A continuación, se presentan los resultados del análisis:

### Two-Sample T-Test and CI: Muestra 1; Muestra 2

Two-sample T for Muestra 1 vs Muestra 2

	N	Mean	StDev	SE Mean
Muestra 1	50	31,4	41,9	5,7
Muestra 2	50	47,7	31,8	5,6

Difference =  $\mu$  (Muestra 1) -  $\mu$  (Muestra 2)

Estimate for difference: -16,30

95% CI for difference: (-32,24; -0,35)

T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -2,03 P-Value = 0,045 DF = 78

**Figura 3.6 Diferencia de medias de los niveles de inventario**

Elaboración propia

### Two-Sample T-Test and CI: Muestra 3; Muestra 4

Two-sample T for Muestra 3 vs Muestra 4

	N	Mean	StDev	SE Mean
Muestra 3	30	33,0	37,0	7,0
Muestra 4	30	15,0	10,3	3,7

Difference =  $\mu$  (Muestra 3) -  $\mu$  (Muestra 4)

Estimate for difference: 18,04

95% CI for difference: (1,97; 34,10)

T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = 2,28 P-Value = 0,029 DF = 33

**Figura 3.7 Diferencia de medias de faltantes**

Elaboración propia

Como se observa en las figuras 3.6 y 3.7, los valores p de los niveles de inventario y faltantes son 0,045 y 0,029 respectivamente, son menores a 0,05. Por lo tanto, con un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula en ambos casos y se concluye que existe diferencia significativa de reducción entre los niveles de inventario y faltant

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- A través de la implementación del sistema de control Buffer Management se logró reducir en un 12% el costo total mensual de gestión de inventario de los productos fabricados en la línea 4KU, lo cual representa un ahorro de \$9,717.34.
- Se desarrolló un programa prototipo en Excel que permite el registro de órdenes de producción, y a la vez la secuenciación de las mismas mediante un sistema de prioridad basado en los niveles de inventario y sus tiempos de cambio.
- A través de la simulación, fue posible validar el sistema de control, haciendo un contraste entre la situación actual y la mejora.
- En conjunto con el personal de la empresa, se logró determinar las causas raíces que lo generan y analizar posibles soluciones para la solución del mismo.

## 4.2 Recomendaciones

- Actualizar periódicamente el software, por el cual se recalculan los parámetros de demanda e inventario.
- Se recomienda trabajo en equipo entre las áreas de producción y logística respetando las reuniones mensuales para evaluar el desempeño del sistema de control.
- Aumentar la capacidad de producción adquiriendo otra máquina para la línea e implementar planes de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la máquina, mejorando así los procesos de mantenimiento.

# BIBLIOGRAFÍA

Richard B. Chase, F. Robert Jacobs y Nicholas J. Aquilano (2005). *Administración de la Producción y Operaciones* (10ª ed.). México: McGraw-Hill Interamericana. ISBN 007-284507-4

Rein Peterson, David F. Pyke, Edward A. Silver. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 1998

Norman Gaither y Greg Frazier (2000). *Administración de Producción y Operaciones*, (8ª ed.). CengageLearning Editores. Shane Moriarity y Carl P. Allen (1981). *Contabilidad de Costos*.

Wallace Hopp, M. L. (n.d.). *Optimize Inventory and Production with Factory Physics*. Irwin Graw-Hill.

Hopp Wallace, Spearman Mark, *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*, McGraw-Hill Higher Education, Singapore, 1996.

American Society for Quality. (2017). *THE DEFINE MEASURE ANALYZE IMPROVE CONTROL (DMAIC) PROCESS*. 2017, de American Society for Quality Sitio web: <http://asq.org/learn-about-quality/six-sigma/overview/dmaic.html>

# APÉNDICES

A	
B	
C	

## APÉNDICE A

CODIGOS	DEMANDA MENSUAL (UNI)	DEMANDA MENSUAL ACUMULADA (UNI)	PORCENTAJE DE DEMANDA
ECN0505015	44584	44584	4%
ECN0404015	43981	88565	7%
AC07507520	43808	132373	11%
ERG0020020	38325	170698	14%
ECN0505020	36200	206898	17%
ERGB020015	32480	239378	20%
ETN0204015	32299	271677	23%
ETN0804020	31399	303076	25%
ECN0404020	29928	333004	28%
ETN1005020	27810	360814	30%
ERG0020015	25659	386473	32%
ERGB011215	24292	410765	34%
ECN0303015	22986	433751	36%
ECGB404015	22790	456541	38%
ERN0020020	21736	478277	40%
ERGB020020	20926	499203	42%
ECGB303015	20031	519234	44%
ERGB011220	18441	537675	45%
MRC0011215	18053	555728	47%
ETN0204020	17898	573626	48%
ECN0303020	17492	591118	50%
ETN0406020	17116	608234	51%
ECGB505020	15712	623946	52%
ECN0505030	15122	639068	54%
MTF0204009	14860	653928	55%
ECN0404030	14676	668604	56%
ECGB404020	14143	682747	57%
ERN0020015	14085	696832	58%
ERG0021220	13592	710424	60%
ETN1005030	13200	723624	61%
ERG0030020	12936	736560	62%
AC07507530	12403	748963	63%
ETNC105020	12283	761246	64%
ERN0011220	11772	773018	65%
MCF0404011	11658	784676	66%
ECN0757518	11252	795928	67%
ETN0604015	10459	806387	68%
ECGB303020	10010	816397	68%
ETGB402015	9944	826341	69%
ECG0505020	9701	836042	70%
ECGB505015	9084	845126	71%
ETNC804020	8352	853478	72%
MTF0753811	8316	861794	72%
ETN0804018	8297	870091	73%
MTF0204075	8213	878304	74%
MTF1003814	8166	886470	74%
ERN0030020	8012	894482	75%
ETGB204020	7815	902297	76%
ETN0307020	7527	909824	76%
MCC0404012	7525	917349	77%
MTF0753814	7524	924873	77%
MTC0204012	7502	932375	78%
ETN0804015	7471	939846	79%
MCF0404014	7431	947277	79%
MTF1003811	7379	954656	80%

ETN0804030	7295	961951	81%
ERG0011215	7175	969126	81%
MTF0753808	6594	975720	82%
ERG0011220	6248	981968	82%
ECG0404020	6077	988045	83%
ECN0606020	5990	994035	83%
MCF0404080	5771	999806	84%
ECG0505030	5745	1005551	84%
ERN0020030	5737	1011288	85%
ECNC505020	5604	1016892	85%
ERGB030020	5306	1022198	86%
MTF0204080	4853	1027051	86%
ETN0604018	4796	1031847	86%
ETN1005018	4795	1036642	87%
MCF0303011	4776	1041418	87%
ECN0505018	4722	1046140	88%
ECGC505020	4683	1050823	88%
MTF0204070	4277	1055100	88%
ECNC404020	4260	1059360	89%
CIGBS21232	4128	1063488	89%
ERGQ021220	3999	1067487	89%
ETNE503015	3958	1071445	90%
ERN0030030	3524	1074969	90%
ETN0503020	3516	1078485	90%
MTF2040687	3193	1081678	91%
MTF0204011	3192	1084870	91%
ETNC503020	3049	1087919	91%
ETNC105025	3048	1090967	91%
ERN0021220	2898	1093865	92%
ETNC105040	2827	1096692	92%
ECGB757520	2816	1099508	92%
ERGB021220	2751	1102259	92%
ECN0303018	2666	1104925	93%
ETNC804025	2623	1107548	93%
ECNC505030	2567	1110115	93%
ECNC404025	2534	1112649	93%
ETNC105030	2521	1115170	93%
ETNC604020	2488	1117658	94%
MCF0404085	2483	1120141	94%
ECNC404030	2430	1122571	94%
ECN0404018	2429	1125000	94%
ERN0021215	2425	1127425	94%
ETNC503025	2381	1129806	95%
ETN0804025	2300	1132106	95%
ECN0606030	2295	1134401	95%
ERG0030030	2100	1136501	95%
ETG1005030	2036	1138537	95%



ETGB804020	1974	1140511	96%
ERGB021215	1953	1142464	96%
ETNC804030	1883	1144347	96%
ERN0021230	1879	1146226	96%
ETGB604020	1859	1148085	96%
ERG0020030	1837	1149922	96%
ETN1005025	1781	1151703	97%
ECNC606020	1676	1153379	97%
ECNC505025	1657	1155036	97%
ETG1005020	1642	1156678	97%
ERN0011218	1558	1158236	97%
AC07507540	1545	1159781	97%
MCF3045515	1541	1161322	97%
MRF0011211	1540	1162862	97%
ETG0804020	1532	1164394	98%
MTF0204014	1516	1165910	98%
ECN0505025	1504	1167414	98%
ETN0406030	1498	1168912	98%
ETN0307030	1497	1170409	98%
ECNC757525	1448	1171857	98%
ETNC604025	1363	1173220	98%
ECNC757530	1229	1174449	98%
AC07507525	1149	1175598	99%
MRF0011215	998	1176596	99%
ECNC606025	988	1177584	99%
ETG0804030	955	1178539	99%
ECNC606030	899	1179438	99%
MCC0303012	898	1180336	99%
ETGB105020	883	1181219	99%
ECNC757540	821	1182040	99%
ETN0604025	756	1182796	99%
ERN0020018	744	1183540	99%
ETGB804030	722	1184262	99%
ECG0505025	703	1184965	99%
ETGB604015	683	1185648	99%
ETN1005040	651	1186299	99%
ETGB105030	578	1186877	99%
ECN5012020	576	1187453	99%
MRF0011209	573	1188026	100%
ECG0757530	533	1188559	100%
ECGB404030	521	1189080	100%
MCF0303015	372	1189452	100%
ERN0030015	366	1189818	100%
MRF0011210	356	1190174	100%
ERN0030040	351	1190525	100%

Codigo	Pesunitario(ton)	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	Inv. Prom (un)	Inv. Prom (ton)	
AC07507520	0.02739	7350	2525	907	5900	1138	109	1956	2812	1557	4380	251	2798	5732	7515	3242	1524	4147	226	875	1009	1075	355	97,21	
AC07507525	0.03395	96	236	98	318	269	122	167	57	113	259	306	274	176	122	343	147	214	116	410	333	664	234	7,84	
AC07507530	0.03967	1123	1364	234	2457	340	0	1195	144	1950	879	129	2595	1045	14	1901	885	597	0	5816	1353	4333	1350	53,54	
AC07507540	0.05312	58	53	2	1	70	15	53	0	218	0	0	0	245	245	0	0	294	55	594	299	156	112	5,94	
CI05S21232	0.03453	88	1285	37	37	139	805	1285	1347	755	454	370	0	0	0	4216	1850	1295	2303	2025	1288	994	34,33		
CIN0021232	0.03453	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0,11	
ECG0404015	0.01081	441	0	441	441	441	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0,91	
ECG0404020	0.01488	20	2029	59	59	635	52	1669	327	7	727	41	0	0	0	1260	810	1668	230	1040	499	3739	706	10,54	
ECG0404025	0.01669	0	0	360	360	360	360	0	360	180	90	90	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	111	1,84	
ECG0404030	0.01982	24	9	153	115	93	77	9	236	146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	59	52	1,04	
ECG0505015	0.01364	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,02	
ECG0505020	0.01795	13,99	124	82	82	18	570	124	0	576	10	0	0	668	64	64	2581	1265	2508	1140	2646	591	10,71		
ECG0505025	0.02216	512	0	480	160	160	160	0	160	65	65	65	27	169	246	6	6	214	150	414	314	314	175	3,83	
ECG0505030	0.02547	427	1343	704	384	640	2557	1343	514	0	0	0	0	0	1920	0	0	908	140	2956	2304	1792	854	21,73	
ECG0606030	0.0333	128	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0,41	
ECG0757530	0.03967	0	0	97	67	0	0	0	3	3	3	150	90	28	0	0	0	174	114	0	199	91	48	1,92	
ECGB303015	0.00798	96	3870	180	0	0	630	3870	0	0	0	0	0	0	1100	4470	1680	1050	2310	390	315	284	964	7,63	
ECGB303020	0.01112	30	1845	0	0	0	990	1665	0	358	0	3002	830	50	2083	4039	2701	2161	2188	1233	603	603	1161	12,91	
ECGB404015	0.01081	1611	270	0	2055	0	17	3150	2520	3984	940	150	90	90	1080	90	2207	130	130	7731	2719	1384	14,94		
ECGB404019	0.0132	0	0	0	371	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0,23	
ECGB404020	0.01488	1835	0	969	69	0	416	0	0	2112	402	87	0	30	30	1681	837	970	2176	1280	4430	4183	1024	15,24	
ECGB404025	0.01669	0	41	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	71	71	18	0,31	
ECGB404030	0.01982	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	240	0	0	23	0,44	
ECGB503030	0.01274	0	0	0	0	0	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,08	
ECGB503520	0.01027	0	0	0	268	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0,23	
ECGB504020	0.01173	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,01
ECGB505015	0.01364	1048	0	225	1297	42	1257	0	1536	256	40	119	40	40	40	1168	0	0	1973	1357	1889	581	8,00		
ECGB505020	0.01795	1294	0	2345	1192	921	83	0	77	269	91	0	799	0	76	0	4114	944	451	2712	1223	1636	866	15,54	
ECGB505024	0.02082	160	0	0	0	48	48	0	28	285	157	61	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0,84	
ECGB505025	0.02161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	0	128	21	0,44	
ECGB505030	0.02547	42	259	42	0	0	0	259	0	100	10	16	32	32	32	32	32	32	32	32	474	323	519	108	2,73
ECGB507024	0.02429	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,03	
ECGB507527	0.02318	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,02	
ECGB507528	0.02993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,08	
ECGB576524	0.02655	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	512	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0,63	
ECGB757520	0.02702	500	8	221	121	0	0	8	0	801	354	98	137	47	1	4	4	1	1	1182	302	253	193	5,20	
ECGC505020	0.01795	492	4352	4591	3311	1775	1263	4352	51	51	51	0	0	0	815	0	0	1472	513	982	342	5376	1419	25,44	
ECN0303015	0.00798	963	7073	603	1	1	1990	5993	0	7230	2430	5140	1580	140	6484	7970	6440	1130	1400	140	20	20	2702	21,54	
ECN0303018	0.01001	602	715	0	0	0	630	535	90	1055	965	1096	736	466	118	102	102	102	1272	734	674	1	476	4,78	
ECN0303020	0.01112	672	6451	132	0	0	2790	6091	349	2419	349	3357	2000	204	5682	3252	2262	951	1941	591	41	33	1884	20,94	
ECN0404014	0.0101	103	0	103	20	20	20	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0,14	
ECN0404015	0.01081	2988	3528	1839	6488	548	6662	12568	8097	8943	11461	5580	10588	4320	2070	14556	9367	5677	483	33	14120	5680	6428	69,44	
ECN0404018	0.01256	1388	0	88	978	360	180	401	541	1098	991	1	1	1	1	1	1	1	492	205	0	327	340	4,24	
ECN0404020	0.01488	1066	383	525	4597	945	2101	293	5859	6535	5760	2250	1170	4088	2700	2780	3294	3358	4474	874	0	3206	2679	39,84	
ECN0404025	0.01669	95	0	74	0	0	0	0	0	0	90	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0,33	
ECN0404030	0.01982	2024	1262	124	866	325	1697	1262	2790	1890	360	0	0	1260	720	3198	1038	98	4870	2970	1870	2929	1503	29,73	
ECN0505015	0.01364	2496	848	2048	1706	2369	4418	848	258	6850	4482	3393	7325	7425	8641	5313	6226	1881	512	722	134	4836	3831	52,23	
ECN0505018	0.01582	589	145	84	135	10	202	145	9	425	425	169	1036	755	425	131	657	17	17	468	81	721	316	5,00	
ECN0505020	0.01795	1064	880	616	6676	4425	3131	845	1845	7922	3378	4667	4651	411	8435	4838	5859	578	14	684	208	4500	3507	62,94	

## APÉNDICE C

Producto	Peso Unitario (ton/uni)	Inv. Promedio anual (Uni)	Costo unitario (\$)	Tasa anual de mant.	Costo unitario anual por mantenimiento de inv.	Costo anual de mantener inventario
AC07507520	0,02739	33576	\$19,17	12%	\$2,30	\$77.249,17
AC07507525	0,03395	2013	\$23,77	12%	\$2,85	\$5.739,25
AC07507530	0,03967	12376	\$27,77	12%	\$3,33	\$41.238,63
AC07507540	0,05312	1179	\$37,18	12%	\$4,46	\$5.260,79
CIGBS21232	0,03453	10025	\$24,17	12%	\$2,90	\$29.076,26
CIN0021232	0,03453	28	\$24,17	12%	\$2,90	\$79,76
ECG0303015	0,00798	882	\$5,59	12%	\$0,67	\$591,22
ECG0303020	0,01112	7052	\$7,78	12%	\$0,93	\$6.586,67
ECG0404015	0,01081	1035	\$7,57	12%	\$0,91	\$939,82
ECG0404020	0,01488	551	\$10,42	12%	\$1,25	\$688,08
ECG0404025	0,0169	17	\$11,83	12%	\$1,42	\$24,13
ECG0404030	0,01982	5974	\$13,87	12%	\$1,66	\$9.945,98
ECG0505015	0,01364	1763	\$9,55	12%	\$1,15	\$2.019,97
ECG0505020	0,01795	8966	\$12,57	12%	\$1,51	\$13.518,93
ECG0505025	0,02216	128	\$15,51	12%	\$1,86	\$238,26
ECG0505030	0,02547	388	\$17,83	12%	\$2,14	\$830,12
ECG0606030	0,0333	10123	\$23,31	12%	\$2,80	\$28.314,66
ECG0757530	0,03967	10275	\$27,77	12%	\$3,33	\$34.237,51
ECGB303015	0,00798	13940	\$5,59	12%	\$0,67	\$9.344,26
ECGB303020	0,01112	210	\$7,78	12%	\$0,93	\$196,16
ECGB404015	0,01081	10509	\$7,57	12%	\$0,91	\$9.542,59
ECGB404019	0,0132	193	\$9,24	12%	\$1,11	\$213,44
ECGB404020	0,01488	242	\$10,42	12%	\$1,25	\$301,86
ECGB404025	0,0169	64	\$11,83	12%	\$1,42	\$90,85
ECGB404030	0,01982	236	\$13,87	12%	\$1,66	\$392,91
ECGB503030	0,01274	6	\$8,92	12%	\$1,07	\$5,89
ECGB503520	0,01027	5954	\$7,19	12%	\$0,86	\$5.136,40
ECGB503524	0,01215	8670	\$8,51	12%	\$1,02	\$8.848,09
ECGB503530	0,01486	285	\$10,40	12%	\$1,25	\$355,12
ECGB504020	0,01173	224	\$8,21	12%	\$0,99	\$220,71
ECGB505015	0,01364	1103	\$9,55	12%	\$1,15	\$1.263,77
ECGB505020	0,01795	13	\$12,57	12%	\$1,51	\$19,60
ECGB505024	0,02082	10	\$14,57	12%	\$1,75	\$17,49
ECGB505025	0,02161	0	\$15,13	12%	\$1,82	\$0,00
ECGB505030	0,02547	0	\$17,83	12%	\$2,14	\$0,00
ECGB507020	0,02094	1727	\$14,66	12%	\$1,76	\$3.037,72
ECGB507022	0,02256	14869	\$15,79	12%	\$1,90	\$28.177,35
ECGB507024	0,02429	23799	\$17,00	12%	\$2,04	\$48.558,53
ECGB507028	0,02794	3597	\$19,56	12%	\$2,35	\$8.442,02
ECGB507322	0,02339	16931	\$16,37	12%	\$1,96	\$33.264,37
ECGB507527	0,02318	147	\$16,23	12%	\$1,95	\$286,23
ECGB507528	0,02993	53684	\$20,95	12%	\$2,51	\$134.966,76
ECGB507530	0,03184	3034	\$22,29	12%	\$2,67	\$8.113,28
ECGB507625	0,02756	23540	\$19,29	12%	\$2,32	\$54.494,88
ECGB508028	0,03193	85	\$22,35	12%	\$2,68	\$226,64
ECGB508225	0,02958	15597	\$20,71	12%	\$2,48	\$38.752,94
ECGB508325	0,0299	32625	\$20,93	12%	\$2,51	\$81.939,69
ECGB508528	0,03393	2507	\$23,75	12%	\$2,85	\$7.143,83
ECGB562628	0,02499	30481	\$17,49	12%	\$2,10	\$63.983,45
ECGB576524	0,02655	2123	\$18,59	12%	\$2,23	\$4.734,71
ECGB582124	0,02849	11673	\$19,94	12%	\$2,39	\$27.934,16
ECGB757520	0,02702	500	\$18,91	12%	\$2,27	\$1.134,84
ECGC505020	0,01795	8635	\$12,57	12%	\$1,51	\$13.019,10
ECN0303015	0,00798	35	\$5,59	12%	\$0,67	\$23,13
ECN0303018	0,01001	2741	\$7,01	12%	\$0,84	\$2.304,32
ECN0303020	0,01112	8885	\$7,78	12%	\$0,93	\$8.299,30
ECN0404014	0,0101	184	\$7,07	12%	\$0,85	\$156,11
ECN0404015	0,01081	412	\$7,57	12%	\$0,91	\$374,11
ECN0404018	0,01256	347	\$8,79	12%	\$1,06	\$365,57
ECN0404020	0,01488	288	\$10,42	12%	\$1,25	\$359,98
ECN0404025	0,0169	192	\$11,83	12%	\$1,42	\$272,56
ECN0404030	0,01982	300	\$13,87	12%	\$1,66	\$498,63
ECN0406230	0,02048	225	\$14,34	12%	\$1,72	\$387,07
ECN0505015	0,01364	8511	\$9,55	12%	\$1,15	\$9.750,99
ECN0505018	0,01582	2405	\$11,07	12%	\$1,33	\$3.195,29
ECN0505020	0,01795	1440	\$12,57	12%	\$1,51	\$2.171,23
ECN0505025	0,02216	3737	\$15,51	12%	\$1,86	\$6.955,27
ECN0505030	0,02624	2045	\$18,37	12%	\$2,20	\$4.507,51
ECN0507528	0,02975	1649	\$20,83	12%	\$2,50	\$4.120,85

## APÉNDICE D

Meses	Inv. mensual (ton)	Costo unitario (\$/ton)	Costo unitario mensual (\$/ton)	Costo mensual de mantener inventario (\$)
ene-16	1697,50	\$ 700,00	\$7,00	\$11.882,51
feb-16	2552,24	\$ 700,00	\$7,00	\$17.865,70
mar-16	1299,92	\$ 700,00	\$7,00	\$9.099,41
abr-16	1463,32	\$ 700,00	\$7,00	\$10.243,24
may-16	1277,31	\$ 700,00	\$7,00	\$8.941,14
jun-16	1684,87	\$ 700,00	\$7,00	\$11.794,09
jul-16	2657,71	\$ 700,00	\$7,00	\$18.603,94
ago-16	1305,00	\$ 700,00	\$7,00	\$9.134,97
sep-16	2704,21	\$ 700,00	\$7,00	\$18.929,49
oct-16	1778,57	\$ 700,00	\$7,00	\$12.449,97
nov-16	1189,42	\$ 700,00	\$7,00	\$8.325,95
dic-16	2150,80	\$ 700,00	\$7,00	\$15.055,60
ene-17	1828,39	\$ 700,00	\$7,00	\$12.798,76
feb-17	2043,44	\$ 700,00	\$7,00	\$14.304,09
mar-17	2828,77	\$ 700,00	\$7,00	\$19.801,36
abr-17	1837,26	\$ 700,00	\$7,00	\$12.860,84
may-17	1939,58	\$ 700,00	\$7,00	\$13.577,04
jun-17	2141,43	\$ 700,00	\$7,00	\$14.990,04
jul-17	2702,32	\$ 700,00	\$7,00	\$18.916,25
ago-17	2447,27	\$ 700,00	\$7,00	\$17.130,89
sep-17	3027,02	\$ 700,00	\$7,00	\$21.189,14



# APÉNDICE F

Producto	Suma de Peso Unitario (ton/unl)	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	Prom. ventas perdidas (unl)	Prom. ventas perdidas (ton)
AC07507520	0.0274	1042	1893	910	562	0	715	0	0	2331	0	0	0	0	532.36	16.70
AC07507525	0.0276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC07507530	0.0397	0	552	0	238	0	1019	0	0	223	0	0	80	0	6.96	0.66
AC07507540	0.0531	89	0	89	0	0	30	0	25	10	22	0	0	0	19.29	1.10
CIGS21232	0.0345	0	0	999	0	0	0	0	0	0	74	0	9	182	90.29	3.36
CIN0021232	0.0345	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0303015	0.0080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0303020	0.0111	9	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.01
ECG0404115	0.0108	4	0	0	0	0	0	2	0	10	0	6	11	0	3.79	0.04
ECG0404120	0.0149	0	47	231	135	13	500	387	500	255	194	107	27	1949	275.36	4.41
ECG0404025	0.0169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0404030	0.0198	9	0	0	0	0	0	0	129	184	15	5	0	9	25.07	0.54
ECG0505015	0.0136	0	0	118	159	81	19	162	1210	41	15	5	1199	73	223.93	4.33
ECG0505020	0.0180	44	9	0	0	0	128	210	0	21	45	0	0	0	28.93	0.69
ECG0505025	0.0222	1	0	0	0	0	0	538	2024	119	23	23	573	0	269.64	7.40
ECG0606030	0.0333	0	0	8	0	6	0	0	20	9	1	20	0	0	4.57	0.16
ECG0707130	0.0397	6	0	0	27	87	26	47	0	47	0	0	0	4	17.43	0.74
ECG0808015	0.0090	1310	79	3092	3092	1386	0	120	535	8	0	0	0	6231	1040.90	4.94
ECG0808020	0.0132	0	497	73	148	0	0	721	86	0	0	311	0	0	340.90	4.94
ECG0808025	0.0108	1489	0	631	640	0	0	0	0	1145	483	0	867	0	431.36	5.01
ECG0808030	0.0132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808035	0.0149	915	257	616	0	1030	2059	1047	0	639	218	0	431	0	515.14	8.25
ECG0808040	0.0169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808045	0.0198	15	0	8	0	0	102	240	0	4	36	4	34	30	33.79	0.72
ECG0808050	0.0127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808055	0.0103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808060	0.0122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808065	0.0149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808070	0.0117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808075	0.0136	1218	0	0	1615	456	692	0	0	290	0	602	0	0	348.07	5.11
ECG0808080	0.0180	1225	0	0	824	0	3746	0	798	0	152	0	27	483.72	9.35	
ECG0808085	0.0216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808090	0.0255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0808095	0.0209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809020	0.0226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809025	0.0253	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809030	0.0234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809035	0.0232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809040	0.0299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809045	0.0318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809050	0.0276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809055	0.0319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809060	0.0296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809065	0.0299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809070	0.0339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809075	0.0250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809080	0.0266	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809085	0.0285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECG0809090	0.0270	0	0	55	35	0	9	0	0	0	676	33	37	0	60.36	1.76
ECG0809095	0.0180	0	0	0	0	0	0	790	458	341	4	81	1027	53	196.72	3.80
ECN0303015	0.0080	0	1285	1677	4677	1695	0	2286	0	0	0	1520	0	0	938.57	8.07
ECN0303018	0.0100	0	11	20	218	0	0	585	0	0	0	0	0	0	59.64	0.64
ECN0303020	0.0111	0	791	986	1343	0	6	1203	0	0	0	332	0	0	353.83	0.89
ECN0404015	0.0108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECN0404018	0.0126	0	0	164	0	0	0	509	0	0	0	0	0	0	331.79	3.82
ECN0404020	0.0149	3972	0	0	0	908	138	531	0	66	44	37	0	0	125.29	1.69
ECN0404025	0.0169	4682	0	125	1404	0	2548	0	0	0	204	0	0	0	640.93	10.27
ECN0404030	0.0198	0	0	0	4	0	50	0	0	0	0	0	0	2	4.07	0.07
ECN0404035	0.0205	0	0	0	0	0	0	0	0	620	286	0	0	2861	269.07	5.74
ECN0505015	0.0136	327	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECN0505018	0.0158	574	0	8	3191	0	1212	0	0	0	0	0	0	0	534.64	7.85
ECN0505020	0.0180	4440	0	0	61	0	107	0	0	0	0	0	0	0	53.57	0.91
ECN0505025	0.0222	0	0	0	379	0	3530	0	0	0	0	0	0	0	596.36	11.53
ECN0505030	0.0262	639	0	0	177	0	1266	0	0	0	0	0	0	0	148.72	4.20
ECN0507528	0.0298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## APÉNDICE G

Meses	Inv. mensual (ton)	Costo unitario (\$/ton)	Costo unitario mensual. (\$/ton)	Costo mensual de mantener inventario (\$)	Inv. obsoleto Promedio anual (Ton)	Costo anual por obsolescencia	total mensual venta perdida (ton)	Costo unitario stockout (\$/ton)	Costo mensual por venta perdida	Costo total mensual por gestion de inventario (ton)
mar-16	1299,92	\$700,00	\$7,00	\$9.099,41	13,00	\$5.849,62	640,03	\$10,00	\$6.400,26	\$21.349,29
abr-16	1463,32	\$700,00	\$7,00	\$10.243,24	14,63	\$6.584,94	320,23	\$10,00	\$3.202,31	\$20.030,49
may-16	1277,31	\$700,00	\$7,00	\$8.941,14	12,77	\$5.747,87	604,09	\$10,00	\$6.040,89	\$20.729,90
jun-16	1684,87	\$700,00	\$7,00	\$11.794,09	16,85	\$7.581,92	765,26	\$10,00	\$7.652,63	\$27.028,63
jul-16	2657,71	\$700,00	\$7,00	\$18.603,94	26,58	\$11.959,68	201,82	\$10,00	\$2.018,20	\$32.581,82
ago-16	1305,00	\$700,00	\$7,00	\$9.134,97	13,05	\$5.872,48	752,22	\$10,00	\$7.522,25	\$22.529,69
sep-16	2704,21	\$700,00	\$7,00	\$18.929,49	27,04	\$12.168,96	519,80	\$10,00	\$5.198,05	\$36.296,50
oct-16	1778,57	\$700,00	\$7,00	\$12.449,97	17,79	\$8.003,55	436,23	\$10,00	\$4.362,26	\$24.815,79
nov-16	1189,42	\$700,00	\$7,00	\$8.325,95	11,89	\$5.352,40	295,58	\$10,00	\$2.955,76	\$16.634,11
dic-16	2150,80	\$700,00	\$7,00	\$15.055,60	21,51	\$9.678,60	317,91	\$10,00	\$3.179,15	\$27.913,35
ene-17	1828,39	\$700,00	\$7,00	\$12.798,76	18,28	\$8.227,77	141,82	\$10,00	\$1.418,19	\$22.444,72
feb-17	2043,44	\$700,00	\$7,00	\$14.304,09	20,43	\$9.195,48	249,79	\$10,00	\$2.497,92	\$25.997,49
mar-17	2828,77	\$700,00	\$7,00	\$19.801,36	28,29	\$12.729,45	494,56	\$10,00	\$4.945,56	\$37.476,37

## APÉNDICE H

Producto	Familia	Clasificación ABC	Demanda anual (unidades)	Demanda anual	Demanda anual familia (ton)	Costo por set up	Costo unitario por mantener inventario anual	Tamaño de lote de producción (ton)
ECN0404015	2	A	72382	782	5410	388,60	\$ 1,22	284,03
AC07507520	3,75	A	55857	1530	5448	388,60	\$ 3,08	323,52
ERG0020020	2	A	49701	719	5410	388,60	\$ 1,63	261,06
ECN0505020	2,5	A	49417	887	4338	388,60	\$ 2,02	296,69
ETN0204015	1,5	A	48971	391	3264	388,60	\$ 0,90	246,13
ECN0505015	2,5	A	47405	647	4338	388,60	\$ 1,53	216,27
ECN0404020	2	A	42082	626	5410	388,60	\$ 1,67	227,30
ECN0303015	1,5	A	37439	299	3264	388,60	\$ 0,90	188,17
ECGB404015	2	A	28766	311	5410	388,60	\$ 1,22	112,88
ERGB020015	2	A	26163	295	5410	388,60	\$ 1,27	107,03
ETN1005020	3,75	A	25384	686	5448	388,60	\$ 3,04	145,04
ETNC105020	3,75	A	25373	686	5448	388,60	\$ 3,04	144,97
ERG0020015	2	A	23436	257	5410	388,60	\$ 1,23	93,24
ETN0804020	3	A	22638	484	2817	388,60	\$ 2,40	178,42
MTF0204011	1,5	A	22614	141	3264	388,60	\$ 0,70	88,88
ERGB011215	1,5	A	22211	181	3264	388,60	\$ 0,92	113,87
ERG0011220	1,5	A	21597	231	3264	388,60	\$ 1,20	145,55
ERN0020020	2	A	21264	308	5410	388,60	\$ 1,63	111,69
ERGB020020	2	A	21260	308	5410	388,60	\$ 1,63	111,67
ECGB505020	2,5	A	19734	354	4338	388,60	\$ 2,02	118,48
ERGB011220	1,5	A	18654	200	3264	388,60	\$ 1,20	125,71
ERN0011220	1,5	A	18651	200	3264	388,60	\$ 1,20	125,69
ETN0204020	1,5	A	18520	207	3264	388,60	\$ 1,26	130,17
ERN0020015	2	A	18217	200	5410	388,60	\$ 1,23	72,48
MRC0011215	1,5	A	17800	145	3264	388,60	\$ 0,92	91,26
ECN0303020	1,5	A	17786	198	3264	388,60	\$ 1,25	124,57
MTF0204075	1,5	A	17712	72	3264	388,60	\$ 0,46	45,29
MTF0204009	1,5	A	17097	83	3264	388,60	\$ 0,54	52,12
MCF0404011	2	A	16382	136	5410	388,60	\$ 0,93	49,30
ETNC804020	3	A	16335	349	2817	388,60	\$ 2,40	128,74
ERG0011215	1,5	A	15152	123	3264	388,60	\$ 0,92	77,68
ECN0505030	2,5	A	14762	387	4338	388,60	\$ 2,95	129,56
ECGB404020	2	A	14418	215	5410	388,60	\$ 1,67	77,88
ECGB303015	1,5	A	14237	114	3264	388,60	\$ 0,90	71,56
AC07507530	3,75	A	12857	510	5448	388,60	\$ 4,46	107,85
ETGB402015	1,5	A	12758	102	3264	388,60	\$ 0,90	64,12
ECNC404020	2	A	12150	181	5410	388,60	\$ 1,67	65,63
ERG0021220	2,5	A	11646	212	4338	388,60	\$ 2,05	71,01
ECN0404030	2	A	11511	228	5410	388,60	\$ 2,23	82,82
ECGB505015	2,5	A	11165	152	4338	388,60	\$ 1,53	50,94
ECNC505020	2,5	A	10944	196	4338	388,60	\$ 2,02	65,70
ECN0757518	3,75	A	10804	264	5448	388,60	\$ 2,75	55,81
ERG0030020	3	A	10646	234	2817	388,60	\$ 2,48	86,38
ETN1005030	3,75	A	10199	412	5448	388,60	\$ 4,55	87,13
MTF2040687	1,5	A	10197	47	3264	388,60	\$ 0,52	29,61
ECGB303020	1,5	A	9888	110	3264	388,60	\$ 1,25	69,25



Codigos	Demanda prom. Mensual (uni)	Demanda prom. Mensual (ton)	Pareto	CSL	K	Lead time (meses)	DL (uni)	Raiz(Lt)	Desvest(uni)	σ	Stock de seguridad (uni)	Stock de seguridad (ton)	Punto de reorden (uni)	Punto de reorden (ton)	Stock maximo (uni)	Stock maximo (ton)
ETN0204015	4080,92	32,57	A	85%	1,04	1,5	6121	1,22	2529,71	3098	3211	25,62	9333	74,47	34054,38	271,75
ECN0303015	3119,92	24,90	A	85%	1,04	1,5	4680	1,22	1330,41	1629	1689	13,48	6369	50,82	25268,87	201,65
MTF0204011	1884,50	11,76	A	85%	1,04	1,5	2827	1,22	1195,41	1464	1517	9,47	4344	27,11	15760,32	98,34
ERGB011215	1850,92	15,07	A	85%	1,04	1,5	2776	1,22	1216,63	1490	1544	12,57	4321	35,17	15533,44	126,44
ERG0011220	1799,75	19,26	A	85%	1,04	1,5	2700	1,22	1623,74	1989	2061	22,05	4761	50,94	15663,49	167,60
ERGB011220	1554,50	16,63	A	85%	1,04	1,5	2332	1,22	1218,99	1493	1547	16,56	3879	41,51	13296,14	142,27
ERN0011220	1554,25	16,63	A	85%	1,04	1,5	2331	1,22	503,42	617	639	6,84	2970	31,78	12385,93	132,53
ETN0204020	1543,33	17,22	A	85%	1,04	1,5	2315	1,22	674,64	826	856	9,56	3171	35,39	12520,76	139,73
MRC0011215	1483,33	12,07	A	85%	1,04	1,5	2225	1,22	731,35	896	928	7,56	3153	25,67	12139,27	98,81
ECN0303020	1482,17	16,48	A	85%	1,04	1,5	2223	1,22	447,87	549	569	6,32	2792	31,04	11770,61	130,89
MTF0204075	1476,00	5,99	A	85%	1,04	1,5	2214	1,22	1394,43	1708	1770	7,19	3984	16,18	12925,54	52,48
MTF0204009	1424,75	6,90	A	85%	1,04	1,5	2137	1,22	608,51	745	772	3,74	2910	14,08	11540,58	55,86
ERG0011215	1262,67	10,28	A	85%	1,04	1,5	1894	1,22	844,21	1034	1072	8,72	2966	24,14	10614,75	86,40
ECGB303015	1186,42	9,47	A	85%	1,04	1,5	1780	1,22	933,95	1144	1186	9,46	2965	23,66	10152,37	81,02
ETGB402015	1063,17	8,48	A	85%	1,04	1,5	1595	1,22	496,81	608	631	5,03	2225	17,76	8665,96	69,15
MTF2040687	849,75	3,92	A	85%	1,04	1,5	1275	1,22	1316,44	1612	1671	7,70	2946	13,58	8093,39	37,31
ECGB303020	824,00	9,16	A	85%	1,04	1,5	1236	1,22	349,81	428	444	4,94	1680	18,68	6671,77	74,19
ECN0404015	6031,83	65,20	A	85%	1,04	1,5	9048	1,22	1998,85	2448	2537	27,43	11585	125,23	28812,06	311,46
ERG0020020	4141,75	59,93	A	85%	1,04	1,5	6213	1,22	2109,16	2583	2677	38,74	8890	128,64	20718,84	299,80
ECN0404020	3506,83	52,18	A	85%	1,04	1,5	5260	1,22	992,03	1215	1259	18,74	6519	97,01	16535,08	246,04
ECGB404015	2397,17	25,91	A	85%	1,04	1,5	3596	1,22	1270,24	1556	1612	17,43	5208	56,30	12054,51	130,31
ERGB020015	2180,25	24,57	A	85%	1,04	1,5	3270	1,22	1438,99	1762	1827	20,59	5097	57,44	11323,82	127,62
ERG0020015	1953,00	21,40	A	85%	1,04	1,5	2930	1,22	955,03	1170	1212	13,29	4142	45,39	9719,59	106,53
ERN0020020	1772,00	25,64	A	85%	1,04	1,5	2658	1,22	842,85	1032	1070	15,48	3728	53,94	8788,76	127,17
ERGB020020	1771,67	25,64	A	85%	1,04	1,5	2658	1,22	1125,31	1378	1428	20,67	4086	59,12	9145,84	132,34
ERN0020015	1518,08	16,64	A	85%	1,04	1,5	2277	1,22	1053,73	1291	1338	14,66	3615	39,62	7950,37	87,14
MCF0404011	1365,17	11,32	A	85%	1,04	1,5	2048	1,22	1078,12	1320	1369	11,35	3416	28,32	7315,22	60,64
ECGB404020	1201,50	17,88	A	85%	1,04	1,5	1802	1,22	504,62	618	641	9,53	2443	36,35	5874,30	87,41
ECNC404020	1012,50	15,07	A	85%	1,04	1,5	1519	1,22	667,04	817	847	12,60	2365	35,20	5257,19	78,23
ECN0404030	959,25	19,01	A	85%	1,04	1,5	1439	1,22	520,33	637	660	13,09	2099	41,61	4839,01	95,91
ECN0505020	4118,08	73,92	A	85%	1,04	1,5	6177	1,22	1000,68	1226	1270	22,80	7447	133,68	17798,72	319,49
ECN0505015	3950,42	53,88	A	85%	1,04	1,5	5926	1,22	1141,62	1398	1449	19,77	7375	100,59	17304,67	236,04
ECGB505020	1644,50	29,52	A	85%	1,04	1,5	2467	1,22	907,54	1112	1152	20,68	3619	64,96	7752,42	139,16
ECN0505030	1230,17	32,28	A	85%	1,04	1,5	1845	1,22	438,23	537	556	14,60	2402	63,02	5493,71	144,15
ERG0021220	970,50	17,69	A	85%	1,04	1,5	1456	1,22	422,67	518	537	9,78	1992	36,32	4431,75	80,79
ECGB505015	930,42	12,69	A	85%	1,04	1,5	1396	1,22	483,26	592	613	8,37	2009	27,40	4347,79	59,30
ECNC505020	912,00	16,37	A	85%	1,04	1,5	1368	1,22	613,34	751	779	13,97	2147	38,53	4438,98	79,68
ETN0406020	812,42	14,58	A	85%	1,04	1,5	1219	1,22	645,13	790	819	14,70	2038	36,57	4079,65	73,23
ETN0804020	1886,50	40,31	A	85%	1,04	1,5	2830	1,22	1017,98	1247	1292	27,61	4122	88,09	9641,17	206,03
ETNC804020	1361,25	29,09	A	85%	1,04	1,5	2042	1,22	1280,51	1568	1625	34,74	3667	78,37	7649,85	163,48
ERG0030020	887,17	19,52	A	85%	1,04	1,5	1331	1,22	456,48	559	579	12,75	1910	42,02	4505,73	99,13
ERGB030020	786,17	17,28	A	85%	1,04	1,5	1179	1,22	724,55	887	920	20,22	2099	46,14	4399,02	96,69
ETN0804030	777,75	24,69	A	85%	1,04	1,5	1167	1,22	714,31	875	907	28,79	2073	65,83	4348,77	138,07
AC07507520	4654,75	127,49	A	85%	1,04	1,5	6982	1,22	1781,01	2181	2261	61,92	9243	253,16	14072,38	385,44
ETN1005020	2115,33	57,16	A	85%	1,04	1,5	3173	1,22	539,54	661	685	18,51	3858	104,24	6052,62	163,54
ETNC105020	2114,42	57,13	A	85%	1,04	1,5	3172	1,22	1361,10	1667	1728	46,68	4899	132,38	7093,15	191,66
AC07507530	1071,42	42,50	A	85%	1,04	1,5	1607	1,22	585,70	717	743	29,49	2351	93,25	3462,24	137,35
ECN0757518	900,33	22,00	A	85%	1,04	1,5	1351	1,22	711,69	872	903	22,07	2254	55,06	3188,03	77,88
ETN1005030	849,92	34,34	A	85%	1,04	1,5	1275	1,22	285,35	349	362	14,63	1637	66,14	2518,91	101,76

MTC0204012	726,33	4,60	B	75%	0,67	2,5	1816	1,58	526,75	833	562	3,56	2378	15,07	6051,33	38,37
ECG0505030	672,83	17,14	B	75%	0,67	2,5	1682	1,58	528,61	836	564	14,36	2246	57,20	3264,25	83,14
ECN0404018	571,25	7,17	B	75%	0,67	2,5	1428	1,58	471,72	746	503	6,32	1931	24,26	2991,45	37,57
ECGC505020	570,83	10,25	B	75%	0,67	2,5	1427	1,58	376,36	595	401	7,20	1828	32,82	2692,49	48,33
ERN0030020	565,42	12,44	B	75%	0,67	2,5	1414	1,58	262,19	415	280	6,15	1693	37,25	2781,95	61,20
ECN0606020	556,33	12,48	B	75%	0,67	2,5	1391	1,58	203,29	321	217	4,86	1608	36,08	2678,93	60,12
MCC0404012	551,00	5,22	B	75%	0,67	2,5	1378	1,58	370,27	585	395	3,74	1772	16,78	2795,04	26,47
MCF0303011	546,75	3,19	B	75%	0,67	2,5	1367	1,58	276,75	438	295	1,72	1662	9,71	4427,44	25,86
ETGB204020	537,92	6,00	B	75%	0,67	2,5	1345	1,58	245,21	388	262	2,92	1606	17,93	4327,04	48,29
MCF0404014	516,25	5,13	B	75%	0,67	2,5	1291	1,58	722,00	1142	770	7,65	2061	20,48	3018,78	30,01
ETNC503020	484,83	6,71	B	75%	0,67	2,5	1212	1,58	813,86	1287	868	12,00	2080	28,77	2979,90	41,21
ECG0404020	421,83	6,28	B	75%	0,67	2,5	1055	1,58	294,88	466	314	4,68	1369	20,37	2152,00	32,02
MCF0404080	421,33	2,46	B	75%	0,67	2,5	1053	1,58	512,57	810	547	3,19	1600	9,33	7723,86	45,03
ECNC606020	421,33	9,45	B	75%	0,67	2,5	1053	1,58	379,57	600	405	9,08	1458	32,72	881,62	19,78
ECG0505020	412,83	7,41	B	75%	0,67	2,5	1032	1,58	386,90	612	413	7,41	1445	25,93	2069,58	37,15
ERN0020030	408,50	8,68	B	75%	0,67	2,5	1021	1,58	193,14	305	206	4,38	1227	26,08	1985,41	42,19
ETN0204014	403,83	4,08	B	75%	0,67	2,5	1010	1,58	811,98	1284	866	8,75	1876	18,94	3918,09	39,57
ETNC105025	393,42	13,36	B	75%	0,67	2,5	984	1,58	438,95	694	468	15,89	1452	49,28	1466,44	49,79
ETNC105030	385,83	15,59	B	75%	0,67	2,5	965	1,58	407,89	645	435	17,57	1400	56,54	1414,06	57,13
ECNC404025	382,83	6,47	B	75%	0,67	2,5	957	1,58	467,99	740	499	8,43	1456	24,61	2166,73	36,62
ERN0021220	382,33	6,97	B	75%	0,67	2,5	956	1,58	160,90	254	172	3,13	1127	20,55	1706,14	31,10
ECNC505030	362,67	9,52	B	75%	0,67	2,5	907	1,58	333,36	527	356	9,33	1262	33,12	1811,13	47,52
MRF0011211	360,25	2,17	B	75%	0,67	2,5	901	1,58	285,32	451	304	1,83	1205	7,25	3027,02	18,22
ERN0030030	358,33	11,66	B	75%	0,67	2,5	896	1,58	280,90	444	300	9,75	1195	38,91	1885,42	61,37
ETNC604020	346,33	5,88	B	75%	0,67	2,5	866	1,58	316,13	500	337	5,72	1203	20,43	1727,19	29,33
MTF0204014	338,75	2,87	B	75%	0,67	2,5	847	1,58	607,68	961	648	5,48	1495	12,65	3208,32	27,14
ECGB757520	334,92	9,05	B	75%	0,67	2,5	837	1,58	283,76	449	303	8,18	1140	30,80	1152,48	31,14
MTF0204080	318,50	1,38	B	75%	0,67	2,5	796	1,58	545,31	862	582	2,51	1378	5,95	2988,75	12,91
ETNC804025	311,92	6,67	B	75%	0,67	2,5	780	1,58	337,39	533	360	7,69	1140	24,35	1740,25	37,19
ECN0505018	305,33	4,83	B	75%	0,67	2,5	763	1,58	285,68	452	305	4,82	1068	16,90	1530,16	24,21
MCC0303012	273,42	1,99	B	75%	0,67	2,5	684	1,58	161,71	256	172	1,25	856	6,21	2238,92	16,25
ECNC505025	270,25	5,99	B	75%	0,67	2,5	676	1,58	332,19	525	354	7,85	1030	22,82	1438,95	31,89
ECN0606030	266,58	8,88	B	75%	0,67	2,5	666	1,58	193,86	307	207	6,88	873	29,08	1386,55	46,17
CIGBS21232	264,42	9,13	B	75%	0,67	2,5	661	1,58	332,46	526	355	12,24	1016	35,07	1415,82	48,89
ERG0020030	253,42	5,38	B	75%	0,67	2,5	634	1,58	112,88	178	120	2,55	754	16,00	1224,27	25,98
ETNE503015	247,33	2,70	B	75%	0,67	2,5	618	1,58	433,80	686	463	5,05	1081	11,80	1540,02	16,82
ETNC105040	246,67	26,66	B	75%	0,67	2,5	617	1,58	216,31	342	231	24,93	847	91,58	856,61	92,58
ETNC804030	241,75	6,50	B	75%	0,67	2,5	604	1,58	295,67	467	315	8,47	920	24,71	1385,22	37,22
ETN0503020	241,08	3,42	B	75%	0,67	2,5	603	1,58	145,43	230	155	2,20	758	10,75	1205,26	17,09
ERG0030030	238,75	7,77	B	75%	0,67	2,5	597	1,58	166,48	263	178	5,78	774	25,21	1234,16	40,17
MCF0303090	233,67	1,13	B	75%	0,67	2,5	584	1,58	145,33	230	155	0,75	739	3,58	1921,02	9,30
ETN1005018	226,00	5,52	B	75%	0,67	2,5	565	1,58	246,05	389	262	6,41	827	20,21	835,89	20,42
ETN0604015	223,67	3,05	B	75%	0,67	2,5	559	1,58	283,57	448	302	4,12	862	11,75	1200,13	16,37
MCF0404085	215,17	1,33	B	75%	0,67	2,5	538	1,58	333,85	528	356	2,20	894	5,52	1293,31	7,99
ECN0303018	209,08	2,09	B	75%	0,67	2,5	523	1,58	223,48	353	238	2,39	761	7,62	1818,57	18,20

## **APÉNDICE J**

### **MANUAL DE USUARIO**

**SISTEMA DE CONTROL PARA LA PRODUCCIÓN DE TUBOS DE ACERO**

## Objetivo

Establecer los diferentes pasos llevar un adecuado uso de los registros requeridos, asegurando un indicado funcionamiento del sistema de control, también determinar el manejo y el uso de los diferentes indicadores que el software otorgara al usuario para el correcto ingreso y secuenciación de pedidos de producción.

## Definiciones

Sistema de control de producción: es una aplicación que se encarga de vigilar el proceso de producción de los productos. Se define como un conjunto de métodos, actividades y planes utilizados para lograr el óptimo control de prioridad y la ejecución de la actividad productiva.

SKU: la unidad mínima de un producto que puede ser vendida, comprada, o gestionada al inventario.

## Pantalla de inicio



1. Botón Actualizar inventario: Este botón permite ingresar los inventarios actuales.
2. Botón Ingresar orden: Este botón permite registrar órdenes de producción.

3. Botón Listado de órdenes: Este botón permite revisar las órdenes ya registradas.
4. Botón Niveles de inventario: Este botón permite observar los indicadores de niveles de inventario para cada sku.
5. Botón exit: Este botón permite cerrar el programa y guardar los cambios.

## Actualizar inventario

La Columna “**Niveles de inventario (Ton)**” contiene las celdas variables que se deberán registrar a la inicial la aplicación para poder actualizar los niveles de inventarios iniciales del mes.

En la columna “**Código**” se ven detallados todos los productos que podrán ser seleccionados para registrar ordenes de producción.

Codigo	ESPESOR (mm)	CALIDAD	Descripción	Color	Forma	m/min o/m3	Velocidad unitaria, (u/h)	Cantidad en inventario	Niveles de inventario (Ton)	Tamaño de lote (Ton)	Verde	Amarillo	Rojo
ECND040215	1.5	LAMINADO CALIENTE	T.E.C.N. 40x40x1.50x6000 mm	3 3/4	CUADRADO	90.3	3.99	29787.23404	322.00	402.19	435.71	179.58	33.52
AC07507520	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.C.N. 75x75x2.00x6000 mm	3 3/4	CUADRADO	41.2	8.75	6352.68346	174.00	458.04	533.71	361.26	75.68
ER650530200	2	GALVANIZADO EN IPAC	T.E.R.G.B. 2"x1.00x6000 mm	3 1/2	REDONDO	82.3	4.38	17968.2110	260.00	369.66	417.01	181.59	47.35
ECND050200	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.C.N. 50x50x2.00x6000 mm	3 1/2	CUADRADO	71.9	5.01	3454.02810	62.00	419.99	447.85	193.45	27.87
ETN0204015	1.5	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.E.C.N. 20x40x1.50x6000 mm	3 1/2	RECTANGULAR	113.1	3.19	30451.11125	243.00	348.49	379.80	104.27	31.32
ECND0509015	1.5	LAMINADO CALIENTE	T.E.C.N. 40x40x1.50x6000 mm	3 1/2	CUADRADO	71.9	5.01	3020.81023	41.00	306.15	330.31	144.86	24.16
ECND040420	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.C.N. 40x40x2.00x6000 mm	3 1/2	CUADRADO	90.3	3.99	1899.8095	281.00	321.87	344.76	139.79	22.90
ECND030215	1.5	LAMINADO CALIENTE	T.E.C.N. 30x30x1.50x6000 mm	3 1/2	CUADRADO	111.43	3.24	24501.2051	196.00	266.43	283.89	72.24	18.47
EC0804015	1.5	GALVANIZADO IMPORTADO	T.E.C.G.B. 40x40x1.50x6000 mm (BOBINA)	3	CUADRADO	90.30	3.99	11000.0561	119.00	159.84	181.14	79.33	11.30
ER68020015	1.5	GALVANIZADO IMPORTADO	T.E.R.G.B. 2"x1.50x6000 mm	3 3/4	REDONDO	82.27	4.38	10229.6278	116.00	151.56	176.72	80.20	25.16
ETN105020	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.E.C.N. 100x50x2.00x6000 mm GR 30	3 3/4	RECTANGULAR	43.22	8.94	1240.3916	896.00	205.95	227.96	150.65	22.62
ETN105020	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.E.C.N. 100x50x2.00x6000 mm GR 30	3 3/4	RECTANGULAR	43.22	8.94	4038.48853	109.00	205.26	262.31	183.03	97.05
ER60020015	1.5	GALVANIZADO EN IPAC	T.E.R.G.B. 2"x1.50x6000 mm	3	REDONDO	82.27	4.38	7572.32701	83.00	132.03	148.27	64.19	16.24
ETN0604020	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.E.C.N. 80x40x2.00x6000 mm	3	RECTANGULAR	59.07	6.10	121.17941	239.00	252.78	286.52	124.05	33.75
MTF0204011	1.1	LAMINADO EN FRIO	T.M.R.E.C.F. 20x40x1.00x6000 mm	3 1/2	RECTANGULAR	113.1	3.19	20511.2051	128.00	125.84	137.41	37.92	11.58
ER68011215	1.5	GALVANIZADO IMPORTADO	T.E.R.G.B. 1 1/2"x1.50x6000 mm	3 1/2	REDONDO	92.8	3.88	11005.1106	9.00	161.23	176.59	49.12	15.37
ER60011220	2	GALVANIZADO EN IPAC	T.E.R.G.B. 1 1/2"x2.00x6000 mm	3 1/2	REDONDO	92.8	3.88	25607.684	274.00	206.08	233.03	70.09	26.96
ERND020020	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.N. 2"x2.00x6000 mm	3	REDONDO	82.3	4.38	18718.339	271.00	158.16	177.08	76.36	18.92
ER68020020	2	GALVANIZADO IMPORTADO	T.E.R.G.B. 2"x2.00x6000 mm	3	REDONDO	82.3	4.38	12992.006	188.00	158.13	183.39	82.69	25.26
EC8805020	2	GALVANIZADO IMPORTADO	T.E.C.G.B. 50x50x2.00x6000 mm (BOBINA)	3 1/2	CUADRADO	71.9	5.01	5671.0381	100.00	167.72	182.99	91.40	25.27
ER68011220	2	GALVANIZADO IMPORTADO	T.E.R.G.B. 1 1/2"x2.00x6000 mm	3 1/2	REDONDO	92.8	3.88	14485.88	135.00	178.00	198.23	57.50	20.24
ERND011220	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.N. 1 1/2"x2.00x6000 mm	3 1/2	REDONDO	92.8	3.88	14205.601	152.00	177.97	196.32	45.61	8.86
ETN0204020	2	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.E.C.N. 20x40x2.00x6000 mm	3 1/2	RECTANGULAR	113.1	3.19	9408.60215	105.00	184.31	195.99	50.26	11.68
ERND020015	1.5	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.N. 2"x1.50x6000 mm	3	REDONDO	82.3	4.38	28558.39416	813.00	102.63	120.55	55.19	17.92
MRC0011215	1.5	LAMINADO CALIENTE	T.E.R.N. 1 1/2"x1.50x6000 mm	3 1/2	REDONDO	92.8	3.88	2702.702703	22.00	179.21	158.45	36.29	9.24

## Procedimiento para registrar órdenes de producción

1. Del menú inicial seleccionar el botón “**Ingresar órdenes de producción**”



2. Si el administrador del sistema deberá ingresar el nombre del supervisor encargado de la producción y seleccionar el código del producto que se desee producir.

UserForm1

**METALES S.A.**  
Ingreso de Ordenes de Producción

Supervisor

Código

Descripción

Especificaciones

Largo	mm
Espesor	mm
Peso unitario	T/u
Vel. Unitaria	s/u
Lote Económico	Toneladas

Forma:

N. Inventario:

Cantidad de Orden  Toneladas

Fecha de Ingreso de Orden

Mes	Día	Año
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. Si el administrador del sistema deberá dar clic en el botón de **“ACT.”** Seguido del botón **“DATOS”**.
4. Si el administrador del sistema deberá visualizar las especificaciones del producto asegurándose si es el producto correcto.
5. El administrador del software deberá observar la sugerencia del tamaño de lote económico y el nivel de inventario actual con el indicador de semáforo.
6. El operario deberá ingresar la fecha de ingreso de la orden de producción.
7. En la opción **“CANTIDAD DE ÓRDEN”** el usuario del software deberá ingresar el tamaño de la orden de producción desea en toneladas.
8. Si el administrador del sistema desea regresar al Menú, debe dar clic en el botón **“MENÚ”** para salir de la hoja de datos.
9. Seleccionar el botón **“REGISTRO DE ÓRDEN”** para ingresar la orden indicada.

UserForm1

METALES S.A.  
Ingreso de Ordenes de Producción

Supervisor: MIGUEL GUERRERO

Código: AC07507520 [DATOS] [ACT.]

Descripción: T.E.C.N. 75x75x2.00x6000 mm

Especificaciones		
Largo	6000	mm
Espesor	2	mm
Peso unitario	0,02739	T/u
Vel. Unitaria	8,75	s/u
Lote Económico	458,04	Toneladas
Forma:	CUADRADO	
N. Inventario:	174	

Cantidad de Orden: [ ] Toneladas

Fecha de Ingreso de Orden: Mes [ ], Día [ ], Año [ ]



## Listado de órdenes ingresadas para la producción

Seleccionar el botón “**LISTADO DE ÓRDENES**”. Para visualizar y actualizar la lista de órdenes de producción.



1. El botón “**REGISTRO DE ÓRDEN**” redirige al usuario a ingresar una nueva orden de producción.
2. La columna “**ELIMINAR ÓRDEN**” ayuda al usuario a corregir o eliminar órdenes no deseadas.
3. El botón “**SECUENCIACIÓN**” redirige al usuario a la etapa de secuenciación de órdenes de producción.
4. El botón “**ÓRDEN DE PRODUCCIÓN**” para proceder a la etapa de secuenciación de órdenes.
5. El botón “**ELIMINAR ÓRDENES**” para proceder a la etapa de secuenciación de órdenes.



The screenshot shows the Excel interface for the 'Sistema de Control de Producción'. The ribbon includes 'Inicio', 'Insertar', 'Referencias', 'Envío', 'Formato de celdas', and 'Datos'. The spreadsheet has columns for 'Descripción', 'Largo (mm)', 'Espesor (mm)', 'Peso (Ton)', 'Vel. Unitaria (s/u)', 'Cantidad de orden (unidades)', 'Cantidad de Orden (Ton)', 'Fecha de Ingreso', 'Fecha de Despacho', and 'tiempo de producción estimado'. The 'Eliminar orden' button is highlighted in blue. The 'SECUENCIAR' button is also highlighted in blue. The 'MENÚ' button is highlighted in blue.

	Registro de Orden	Eliminar orden	Sistema de Control de Producción			Secuenciación	Orden de producción	Eliminar órdenes		
1										
2										
3	T.E.C.N. 40x40x1.50x6000 mm	6000	1,5	0,01081	3,990	46253,46901	356,00	2/Enero/2018	3/Febrero/2018	36,50
4	T.E.R.G.B. 2"x2.00x6000 mm	6000	2	0,01447	4,380	8293,020041	310,00	6/Abril/2018	7/Mayo/2018	26,07
5	T.E.REC.N. 20x40x1.50x6000 mm	6000	1,5	0,00798	3,190	52506,26566	348,00	4/Junio/2018	30/Junio/2018	38,64
6	T.E.C.N. 40x40x2.00x6000 mm	6000	2	0,01488	3,990	23387,09677	150,00	7/Julio/2018	8/Agosto/2018	11,17
7	T.E.C.G. 50x50x3.00x6000 mm	6000	3	0,02547	5,010	5889,281508	100,00	10/Mayo/2018	8/Septiembre/2018	5,46
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

## Secuenciación de órdenes de producción

1. Seleccionar el botón actualizar para actualizar la lista de órdenes de producción.
2. La columna "**TIEMPO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN**" arrojará el dato del tiempo neto requerido para la producción sin tomar en cuenta el tiempo de setup.
3. La columna "**TIEMPO ACUMULADO DE PRODUCCIÓN**" arrojará el dato del tiempo neto requerido para la producción sin tomar en cuenta el tiempo de setup.
4. La columna "**SEMÁFORO**" arrojará el indicador de nivel de inventario.
5. Seleccionar el botón "**SECUENCIAR**" para proceder a la etapa de secuenciación de órdenes.
6. Si el administrador del sistema desea regresar al Menú, debe dar clic en el botón "**MENÚ**" para salir de la hoja de datos.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	#Orden	Código producto	Cantidad	Semaforo	Tipo de producto	Familia	Forma	Tiempo estimado de producción	Tiempo acumulado de producción				
2	4	ECN0505020	419	3	A	2 1/2	CUADRADO	36,50015418	36,50				
3	7	ECG0505030	100	3	B	2 1/2	CUADRADO	26,06542271	62,57				
4	5	ETN0204015	348	2	A	1 1/2	RECTANGULAR	32,48514392	95,05				
5	1	ECN0404015	356	2	A	2	CUADRADO	38,64243943	133,69				
6	6	ECN0404020	150	2	A	2	CUADRADO	11,17271505	144,87				
7	3	ERG0020020	310	2	A	2	REDONDO	5,46394451	150,33				
8									150,33				
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Actualizar

Secuenciar

Menú Principal

Atrás

1

5

6

## Resumen de los niveles de inventarios

1. Seleccionar el botón actualizar para actualizar la lista de órdenes de producción.



2. La columna “**CÓDIGOS**” arrojará el código de identificación en inventario del SKU.
3. La columna “**INVENTARIO MÁXIMO**” arrojará el dato de la cantidad máxima en inventario del sku tomando en cuenta todos los costos involucrados.
4. La columna “**INV. ACTUAL**” arrojará la cantidad de inventario del sku seleccionado.
5. La columna “**SEMAFORO**” arroja el indicador de nivel de inventario representado con un semáforo en 3 diferentes colores.
6. La columna “**GRÁFICOS DE NIVEL**” arrojará mini gráficos que representarán a la izquierda los niveles de inventarios máximos y a la derecha el nivel de inventario actual.
7. Si el administrador del sistema desea regresar al Menú, debe dar clic en el botón “**MENÚ**” para salir de la hoja de datos.

	A	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	CODIGOS	INVENTARIO MAXIMO (TON)	INV. ACTUAL (TON)	SEMAFORO	GRAFICOS DE NIVEL					
2	ECN0404015	435,70	322,00	●	■ ■					
3	AC07507520	533,71	174,00	●	■ ■					
4	ERG0020020	417,00	260,00	●	■ ■					
5	ECN0505020	447,84	62,00	●	■ ■					
6	ETN0204015	379,80	243,00	●	■ ■					
7	ECN0505015	330,30	41,00	●	■ ■					
8	ECN0404020	344,76	281,00	●	■ ■					
9	ECN0303015	282,89	196,00	●	■ ■					
10	ECGB404015	181,14	119,00	●	■ ■					
11	ERGB020015	176,71	116,00	●	■ ■					
12	ETN1005020	227,96	336,00	●	■ ■					
13	ETNC105020	262,30	109,00	●	■ ■					
14	ERG0020015	148,26	83,00	●	■ ■					
15	ETN0804020	286,52	259,00	●	■ ■					
16	MTF0204011	137,41	128,00	●	■ ■					

Semáforo de niveles de inventario.

Niveles de inventario disponibles en bodega.

INDICADOR SEMÁFORO		
	<b>ROJO</b>	<b>Nivel de stock de seguridad:</b> Pedido inmediato
	<b>AMARILLO</b>	<b>Nivel de punto de reorden:</b> aconsejable realizar un pedido de producción
	<b>VERDE</b>	<b>Nivel adecuado de inventario:</b> no es necesario producción inmediata.

### Lectura de gráficos

Mini gráficos de nivel de inventario.



A. El nivel de inventario actual se encuentra por debajo del nivel máximo de inventario, se recomienda observar el color del semáforo para definir el tamaño de lote a producir.



B. El nivel de inventario actual se encuentra al nivel máximo de inventario, se tiene la cantidad adecuada de inventario se recomienda mantener los niveles en verde mientras sea posible.



C. El nivel de inventario actual se encuentra por encima del nivel máximo de inventario, se recomienda evitar la producción de este sku para evitar elevar los costos por gestión de inventarios.