

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Diseño del Proceso de Planificación de Distribución de Productos
Lácteos mediante una Política de Inventario según la Metodología
Demand Driven”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Santiago Eduardo Fernández Cevallos

Washington Xavier Bastidas Cabrera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía y soporte en cada paso que di durante esta etapa universitaria.

A mi familia que, con su amor y apoyo incondicional, me han permitido formarme como persona y profesional.

A los profesores cuyo conocimiento, experiencia y amistad enriquecieron de gran manera este trabajo y mi formación como persona y profesional.

Santiago Fernández

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su amor, paciencia y apoyo incondicional durante esta etapa tan importante de mi vida que me formo como persona y profesional.


A mis amigos y compañeros ahora colegas que se volvieron en mi segunda familia durante este proceso.

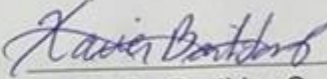
A los profesores que con su apoyo, experiencia y dedicación me guiaron durante este camino para formarme como un profesional.

Xavier Bastidas

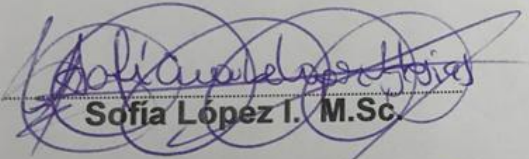
DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Santiago Fernández y Xavier Bastidas, y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"


Santiago Fernández C.

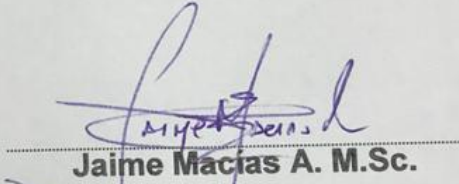

Xavier Bastidas C.

EVALUADORES



Sofia Lopez I. M.Sc.

PROFESORA DE LA
MATERIA



Jaime Macias A. M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se llevó a cabo en una empresa productora de lácteos ubicada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, la cual se aqueja de un problema en su sistema de distribución debido a los altos niveles de venta perdida que se han venido presentando. El proyecto tiene como objetivo reducir la venta perdida de un 8% a un 2% de la demanda de los productos tipo A de la empresa, mediante el diseño del proceso de distribución de productos altamente perecederos como lo son los productos lácteos. La metodología utilizada para la resolución del problema se basa en el proceso DMAIC, el cual está formado por las etapas Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control. La solución se basó en la implementación de la metodología de manejo de inventarios Demand Driven MRP aplicado a distribución, la cual se adapta perfectamente para la gestión de inventario de productos perecederos. Con la implementación de la mejora, la venta perdida se redujo de 4.7% a 0.7% de la demanda total para el periodo simulado, cumpliendo con el objetivo propuesto del proyecto de tener máximo 2% de venta perdida. Además, se redujo a cero la cantidad de productos tipo A dados de baja y se desarrolló una interfaz amigable para la distribución de productos que garantice el correcto uso de las políticas de inventario según Demand Driven. Finalmente, se evidenció que el proyecto alcanzó sus objetivos de reducir la venta perdida y dados de baja mediante la metodología Demand Driven MRP.

Palabras Clave: Productos perecederos, distribución, Demand Driven MRP, venta perdida.

ABSTRACT

This capstone project was carried out on a dairy products company located in the city of Guayaquil, Ecuador, who complains about a problem in its distribution system due to the high levels of loss of sales that have been performed. The project aims to reduce the loss of sales from 8% to 2% of the demand for the A type products of the company, by designing the distribution process of highly perishable products as dairy products are. The methodology used to solve the problem is based on the DMAIC process, which consists on the Definition, Measurement, Analysis, Improvement and Control stages. The solution was based on the implementation of the Demand Driven MRP inventory management methodology applied to distribution, which is perfectly adapted for inventory management of perishable products. With the improvement implementation, the lost sales were reduced from 4.7% to 0.7% out of the total demand for the simulated period, achieving the project objective of having a maximum 2% of lost sales. In addition, the number of expired A type products was reduced to zero and a friendly interface was developed to guarantee the correct use of the inventory policies according to Demand Driven. Finally, it was proved that the project achieved its objectives of reducing the lost sales and expired products through the Demand Driven MRP methodology.

Keywords: *Perishable products, distribution, Demand Driven MRP, lost sales.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.1.1 Variable de Interés	3
1.1.2 Alcance	4
1.1.3 Restricciones.....	5
1.2 Justificación del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos	6
1.4 Resumen Ejecutivo del Proyecto	7
1.5 Marco teórico	9
CAPÍTULO 2	16
2. Metodología	16
2.1 Medición	16
2.1.1 Plan de Recolección de Datos	16
2.1.2 Verificación de Datos	17

2.1.3	Procesos Detallados	23
2.1.4	Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) del proceso de distribución	25
2.2	Análisis	30
2.2.1	Análisis de causas.....	30
2.2.2	Plan de verificación de causas.....	35
2.2.3	Determinación de Causas raíces	37
2.3	Mejora.....	40
2.3.1	Lluvia de ideas de soluciones	40
2.3.2	Selección de soluciones.....	41
2.3.3	Plan de implementación de soluciones	43
2.3.4	Descripción de las soluciones	43
2.4	Implementación	46
2.4.1	Consideraciones generales.....	46
2.4.2	Desarrollo de las políticas de inventario.....	49
2.4.3	Comparación de las políticas de inventario propuestas	54
2.4.4	Desarrollo de Interfaz para planificar la distribución.....	57
2.5	Control	61
CAPÍTULO 3.....		63
3.	Resultados y análisis	63
CAPÍTULO 4.....		68
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	68
4.1.	Conclusiones	68
4.2.	Recomendaciones	68
BIBLIOGRAFÍA.....		69
ANEXOS.....		70

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ERP	Enterprise resource planning
CD	Centro de Distribución
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers Diagram
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control Methodology.
CTQ	Critical to Quality
VOC	Voice of Customers
VSM	Value Stream Mapping
MRP	Material Requirements Planning
DDMRP	Demand Driven Material Requirements Planning
ADU	Consumo promedio de la demanda
%LT	Factor de tiempo de reabastecimiento
DLT	Tiempo de reabastecimiento
COV	Coeficiente de variación
EOQ	Cantidad óptima de pedido
s	Punto de reorden
S	Nivel máximo de inventario
A	Costo de mantener en inventario
H	Costo de reabastecimiento
NAVT	Tiempo que no agrega valor
AVT	Tiempo que agrega valor
SKU	Stock Keeping Unit
PIB	Producto Interno Bruto
VBA	Visual Basic Advance
UIO	Quito
GYE	Guayaquil

SIMBOLOGÍA

K	Mil
\$	Dólar
u	Unidad
σ	Desviación estándar
μ	Promedio
min	Minutos
n	Tamaño de muestra

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Canales de distribución de la empresa de productos lácteos	2
Figura 1.2 Venta perdida de abril 2017 a abril 2018	3
Figura 1.3 Árbol de variables críticas (CTQ)	4
Figura 1.4 Diagrama SIPOC para el proceso de distribución de productos	5
Figura 1.5 Demand Driven Buffers Calculation	13
Figura 1.6 Cantidad óptima de pedido	14
Figura 1.7 Señal de rastreo del error del pronóstico	15
Figura 2.1 Proporción promedio de la venta diaria	18
Figura 2.2 Análisis estadístico del comportamiento de las ventas	19
Figura 2.3 Histograma del tiempo en cuarentena de un producto tipo A	20
Figura 2.4 Estadísticos del tiempo en cuarentena de un producto tipo A	20
Figura 2.5 Alcance de la trazabilidad de productos en el sistema	21
Figura 2.6 Implementación de formatos para dar trazabilidad a productos	22
Figura 2.7 Reporte de causas de venta perdida 2017	22
Figura 2.8 Plantilla para registro de causas de venta perdida	23
Figura 2.9 Diagrama funcional proceso de distribución	24
Figura 2.10 Diagrama funcional proceso de ventas	25
Figura 2.11 Prueba de bondad de ajuste para el tiempo de picking	25
Figura 2.12 Prueba de bondad de ajuste para el tiempo de embalaje	26
Figura 2.13 Prueba de bondad de ajuste para el tiempo de despacho	26
Figura 2.14 Prueba de bondad de ajuste para la cantidad de pallets enviada diaria	27
Figura 2.15 Value Stream Mapping del proceso de distribución	29
Figura 2.16 Equipo de trabajo	31
Figura 2.17 Lluvia de ideas de causas de venta perdida	31
Figura 2.18 Diagrama Causa Efecto	32
Figura 2.19 Pareto de causas posibles de la venta perdida	33
Figura 2.20 Matriz de impacto vs Control	34
Figura 2.21 Carta de control para la señal de rastreo del error del pronóstico	36
Figura 2.22 Pie chart de causas de venta perdida	37

Figura 2.23 Promociones de ventas	38
Figura 2.24 Lluvia de ideas de soluciones para la venta perdida.....	41
Figura 2.25 Matriz Esfuerzo-Impacto de soluciones	42
Figura 2.26 Pareto productos Centro de distribución Guayaquil.....	46
Figura 2.27 Pareto productos Centro de distribución Quito	47
Figura 2.28 Especificaciones de los clientes sobre la vida útil de los productos.....	48
Figura 2.29 Coberturas de inventario máximas deseadas	48
Figura 2.30 Comportamiento de los niveles de inventario con la política s,S	52
Figura 2.31 Comportamiento de los inventarios con la política Demand Driven MRP	54
Figura 2.32 Niveles de servicio promedio GYE	55
Figura 2.33 Niveles de servicio promedio UIO.....	55
Figura 2.34 Coberturas de inventario máxima	56
Figura 2.35 Comparativo de costos totales de las políticas de inventario propuestas	57
Figura 2.36 Capacitación sobre mejoras a equipo de trabajo	61
Figura 2.37 Manual de usuario de la interfaz de distribución	62
Figura 3.1 Porcentaje de ventas perdidas antes y después de la mejora	63
Figura 3.2 Diagrama de cajas del Porcentaje de ventas perdidas Antes y Después .	64
Figura 3.3 Comparación de ventas antes y después de la mejora	65
Figura 3.4 Pérdidas en productos dados de baja.....	66
Figura 3.5 Días de estadía en inventario de lotes por SKU	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Rangos de Porcentaje de Lead Time.....	12
Tabla 2.1 Plan de recolección de datos	17
Tabla 2.2 Análisis de teoría de colas con modelo G/G/1	27
Tabla 2.3 Calificación de impacto de causas.....	32
Tabla 2.4 Matriz causa efecto	33
Tabla 2.5 Matriz de calificación de impacto vs Control	34
Tabla 2.6 Plan de verificación de causas.....	35
Tabla 2.7 Cinco ¿Por qué? de la causa: Pronóstico semanal alejado de la venta real	38
Tabla 2.8 Cinco ¿Por qué? Los productos no están donde deben estar	39
Tabla 2.9 Análisis de costo de las soluciones.....	42
Tabla 2.10 Plan de implementación de las soluciones	43
Tabla 2.11 Gastos de transporte por viaje GYE	49
Tabla 2.12 Gastos por mantener inventario GYE	49
Tabla 2.13 Gastos por mantener inventario UIO.....	50
Tabla 2.14 Simulación política s,S	51
Tabla 2.15 Porcentaje de Lead Times por SKU.....	52
Tabla 2.16 Simulación política Demand Driven MRP	53
Tabla 2.17 Plan de control de venta perdida y dados de baja	62
Tabla 3.1 Resultados del contraste de hipótesis.....	64

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Según estudios de 2017, la industria alimenticia en el Ecuador representa el 38% de las industrias manufactureras del país, convirtiéndose en la de mayor peso dentro de estas. Esta industria se estima represente el 6.7% del PIB del Ecuador en el 2018, representando un importante aporte en el desarrollo económico del país. La industria alimenticia, en gran parte, se enfrenta a un enorme reto al dedicarse a la producción de alimentos, pues debe hacer frente a un sin número de restricciones dentro de su cadena de abastecimiento para obtener un producto de calidad. Una de estas restricciones es la vida útil de los productos, la cual suele ser una especificación del cliente para poder aceptar el producto. Esta restricción, obliga a las empresas, sobre todo las que producen productos libres de preservantes, a prestar especial interés a la eficiencia de sus operaciones y, por ende, al tiempo que tarda el producto a llegar al cliente. Es en esta etapa donde se vuelve crucial poseer una coordinación de la fabricación y distribución de productos tal que permita satisfacer la mayor cantidad de la demanda sin tener que botar producto porque no cumpla con la vida útil requerida por los clientes.

La planificación de la distribución de productos es uno de los procesos más relevantes en una organización al influir directamente sobre el nivel de servicio que brinda una empresa a sus clientes, en términos de satisfacción de la demanda. Este proceso representa un reto para los planificadores, pues deben considerar gran cantidad de factores, tales como: variabilidad de la demanda, capacidad de producción, capacidad de almacenamiento, vida útil de los productos, entre otros. Este grado de dificultad hace que en la mayoría de las industrias con productos altamente perecederos se bote gran cantidad de producto terminado por haber sobrepasado la vida útil requerida para ser comercializado.

Este proyecto busca proponer una mejora al proceso de distribución de productos altamente perecederos como lo son los productos lácteos. Para ello, se realizó el proyecto en una empresa ubicada en la ciudad de Guayaquil que se dedica a la producción, distribución y comercialización de productos lácteos. Esta empresa cuenta con una fábrica y dos centros de distribución ubicados en Guayaquil y Quito respectivamente, a quienes reabastece diariamente a través de sus canales de

distribución para que puedan satisfacer la demanda de sus clientes, quienes principalmente son cadenas de supermercados y tiendas de barrio, tal como lo ilustra la figura 1.1.

Alineados a los objetivos estratégicos de la empresa de mejorar el nivel de servicio brindado a sus clientes, este proyecto busca diseñar mejoras en el proceso de planificación de la distribución de productos desde la fábrica hacia los centros de distribución a través de la metodología de resolución de problemas DMAIC, de modo que se convierta en un proceso más sensible a las variaciones de la demanda de un producto con corta vida útil para ser consumido y así poder mejorar los beneficios de la compañía.

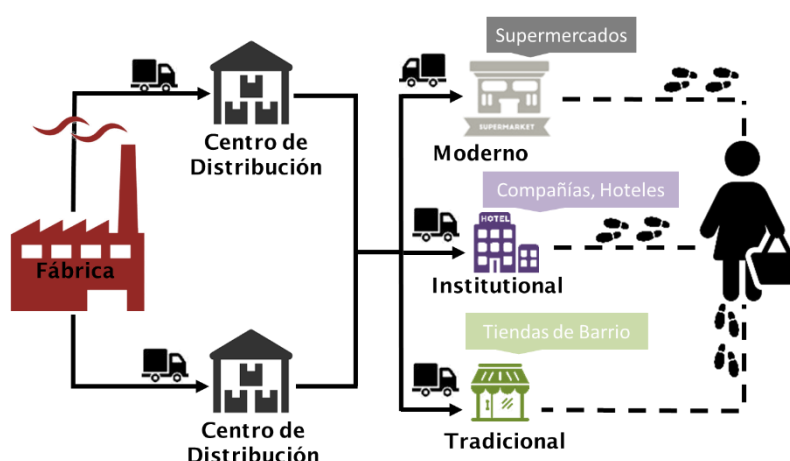


Figura 1.1 Canales de distribución de la empresa de productos lácteos

1.1 Descripción del problema

Actualmente, la empresa presenta quejas de una elevada cantidad de dinero en venta perdida por no tener el producto disponible en los centros de distribución cuando el cliente lo requiere. A su vez, la empresa da de baja gran cantidad de productos por no cumplir con la vida útil mínima requerida por los clientes. Estos inconvenientes, ponen a la empresa en la necesidad de atacar este problema, para lo cual fue necesario realizar un estudio que permita conocer la magnitud del problema.

En la figura 1.2 se puede ver las ventas perdidas desde abril 2017 a abril 2018 en dólares y en porcentaje.

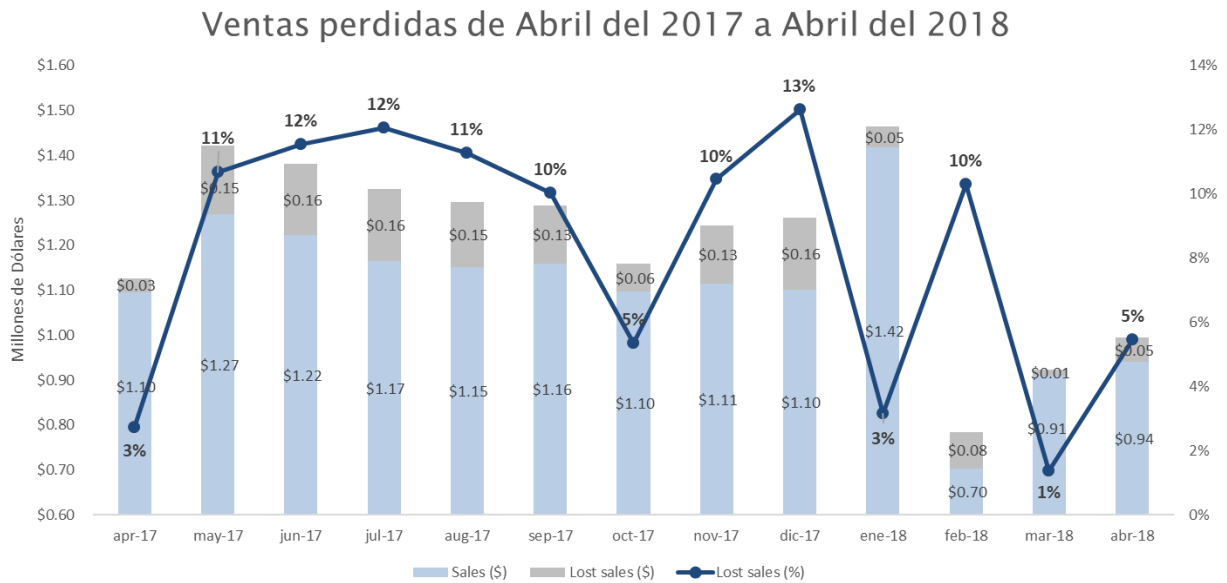


Figura 1.2 Venta perdida de abril 2017 a abril 2018

Este problema representó un total de USD 1'300,000 en el periodo estudiado, con lo cual se define el problema como sigue:

“Según el histórico, una compañía de productos lácteos ha registrado un 8% de la demanda total en ventas perdidas, de abril del 2017 a abril del 2018, mientras que la compañía quiere que sea en el peor de los casos de un 2%.”

1.1.1 Variable de Interés

Una vez que se ha escuchado la voz del cliente respecto a los problemas que le afectan a la empresa, se procede a elaborar el árbol de variables críticas para la calidad (CTQ). Esta herramienta permitirá traducir las necesidades de los clientes en variables medibles que finalmente se traducen en variables críticas del problema, tal como se muestra en la figura 1.3.

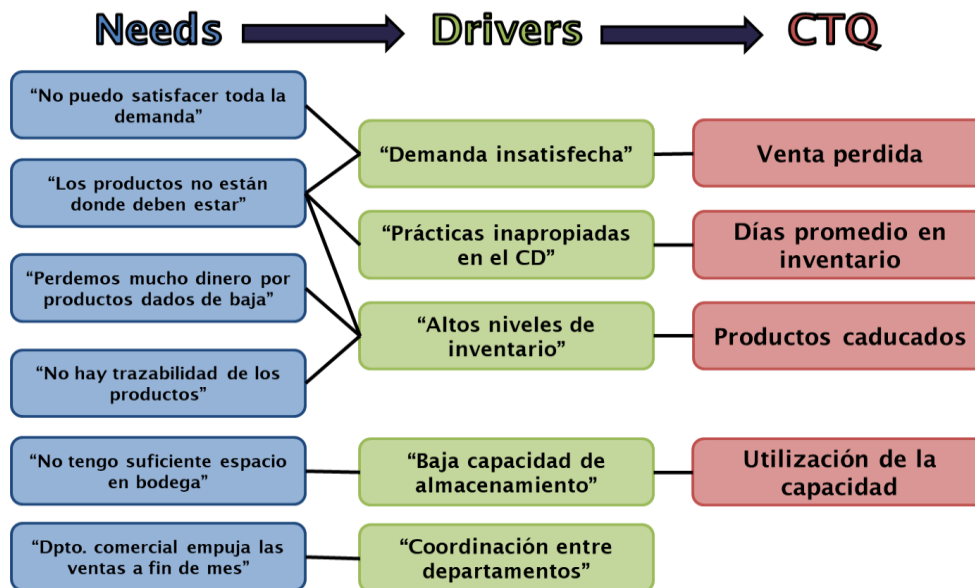


Figura 1.3 Árbol de variables críticas (CTQ)

Una vez determinadas las variables críticas para el problema a resolver junto con la empresa, se procede a determinar la variable respuesta del proyecto, la misma que medirá el éxito de este. La variable respuesta seleccionada es la venta perdida, la misma que se define como sigue:

$$\% \text{ Venta Perdida} = \frac{\text{Pedido (\$)} - \text{Facturado (\$)}}{\text{Pedido (\%)}} \times 100\% \quad (1.1)$$

1.1.2 Alcance

Basado en las restricciones presentes de tiempo y recursos para la realización del proyecto y con el fin de dar un mejor enfoque a la resolución del problema y poder así obtener los resultados esperados, se determina el alcance del proyecto con la ayuda de la herramienta SIPOC. Esta herramienta permitirá observar un mapeo general del proceso a atacar, junto con las entradas requeridas y salidas esperadas del proceso en estudio, para de esta forma conocer las delimitantes del proyecto.



Figura 1.4 Diagrama SIPOC para el proceso de distribución de productos

Del diagrama SIPOC de la figura 1.4 se puede observar que el proyecto se enfocará en el proceso de distribución de productos perteneciente al macroproceso planificación operativa. Este proceso se basa en la transferencia de productos desde la fábrica hasta el centro de distribución y tiene como objetivo garantizar la disponibilidad de productos en los centros de distribución. Este proceso abarca desde la revisión de inventario del centro de distribución por parte del asistente de bodega, hasta la facturación al cliente. Además del proceso de distribución, se definen otros aspectos claves como alcance del proyecto, tales como:

- El proyecto está basado en los productos tipo A respecto a la venta.
- Se considerará todos los canales de venta de la empresa.
- Las soluciones propuestas aplican a los centros de distribución de la empresa.

1.1.3 Restricciones

Entre las principales restricciones del proyecto, se tiene:

- La vida útil de los principales productos lácteos es de 45 días.

- Las especificaciones de los clientes principales son 36 días de vida útil restante
- El flujo actual de materiales desde la fábrica hasta los centros de distribución se realiza de forma “Push” y basado en pronóstico.
- La empresa no cuenta con sistema de trazabilidad de productos.
- La capacidad de las bodegas de los centros de distribución es limitada.

1.2 Justificación del problema

Actualmente, muchas de las empresas alimenticias que fabrican productos con corta vida útil no cuentan con un sistema de distribución adecuado que se adapte a las necesidades de una gestión de inventarios de productos perecederos. Es por ello que se vuelve de crucial importancia encontrar algún método de distribución que garantice un alto nivel de servicio hacia el cliente, minimizando la venta perdida y la cantidad de productos dados de baja por fecha, y que además cumpla con las principales restricciones de este tipo de productos, tales como su vida útil y la variabilidad de su demanda.

Este proyecto busca proponer un diseño de un proceso de planificación para la distribución de productos altamente perecederos, como lo son los productos lácteos, ante un entorno de alta variabilidad de la demanda y limitantes de capacidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir al menos 6% las ventas perdidas de productos lácteos mediante el rediseño del proceso de distribución de productos terminados desde fábrica hacia los centros de distribución de Guayaquil y Quito, con el fin de incrementar el rendimiento de la compañía en el mediano plazo.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Reducir la cantidad de productos dados de baja
2. Mejorar la coordinación entre los departamentos involucrados
3. Mejorar el proceso de control de inventario de producto terminado

1.4 Resumen Ejecutivo del Proyecto

PROJECT CHARTER

Nombre de proyecto: Diseño del Proceso de Planificación de Distribución de Productos Lácteos mediante una Política de Inventario según la Metodología Demand Driven		
Fecha de inicio: Mayo, 04 del 2018	Fecha de Finalización: Agosto, 31 del 2018	Empresa: Compañía de productos lácteos
Gestores del Proyecto: Xavier Bastidas y Santiago Fernández		

Objetivos del Proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir al menos 6% las ventas perdidas de productos lácteos mediante el rediseño del proceso de distribución de productos terminados desde fábrica hacia los centros de distribución de Guayaquil y Quito, con el fin de incrementar el rendimiento de la compañía en el mediano plazo. • Reducir la cantidad de productos dados de baja • Mejorar la coordinación entre los departamentos involucrados • Mejorar el proceso de control de inventario de producto terminado
Alcance del Proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> • El proyecto está basado en los productos tipo A respecto a la venta. • Se considerará todos los canales de venta de la empresa. • Las soluciones propuestas aplican a los centros de distribución de la empresa.
Interesados del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenta de la empresa de productos lácteos. • Planeador de la producción. • Planeador de oferta y demanda. • Asistente de bodega. • Coordinador de centro de distribución Guayaquil. • Coordinador de centro de distribución Quito
Patrocinador	Gerenta de la empresa de productos lácteos

Requerimientos y Entregables del Proyecto		
Nombre de Entregable	Cantidad	Especificaciones

Políticas de inventario.	1	Las políticas de inventario deberán ser desarrolladas en hojas de cálculo de Excel para su fácil manejo.
Herramienta para la planificación de la distribución.	1	El prototipo para la herramienta para la planificación de la distribución será desarrollado en hojas de cálculo de Excel con la ayuda de VBA de Excel.
Manual de usuario de la herramienta para la planificación de la distribución	1	El manual de usuario de la herramienta de distribución deberá ser hecho de tal forma que cualquier persona pueda hacer uso de la herramienta.
Alineación de las políticas de inventario de los centros de distribución con la producción.	1	Las políticas de inventario de los centros de distribución deberán estar alineadas con la producción de la fábrica,

Restricciones:	<ul style="list-style-type: none"> La vida útil de los principales productos lácteos es de 45 días. Las especificaciones de los clientes principales son 36 días de vida útil restante El flujo actual de materiales desde la fábrica hasta los centros de distribución se realiza de forma "Push" y basado en pronóstico. La empresa no cuenta con sistema de trazabilidad de productos. La capacidad de las bodegas de los centros de distribución es limitada.
-----------------------	--

CRONOGRAMA DE HITOS DEL PROYECTO	
HITO O EVENTO SIGNIFICATIVO	FECHA PROGRAMADA
Presentación ejecutiva #1.	2018-05-24
Presentación ejecutiva #2.	2018-06-11
Presentación ejecutiva #3.	2018-07-02
Presentación ejecutiva #4.	2018-08-03
Presentación ejecutiva #5.	2018-08-31

PRINCIPALES AMENAZAS DEL PROYECTO (RIESGOS NEGATIVOS)

- Los tiempos establecidos para cada avance del proyecto no sean suficiente.
- La información proporcionada por la empresa sea limitada.
- Que no exista datos históricos necesarios para la elaboración de las políticas de inventario.
- No exista apertura por parte de los colaboradores de la empresa.
- La disponibilidad de las personas involucradas por parte de la empresa no sea la requerida.

1.5 Marco teórico

Six Sigma

Six Sigma es una metodología para la resolución de problemas utilizada comúnmente en calidad y en la mejora de procesos utilizando herramientas estructuradas y análisis estadísticos para evaluar los procesos antes y después de las mejoras planteadas e implementadas.

DMAIC

DMAIC es el acrónimo de las etapas Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar por sus siglas en inglés. Esta metodología es una estructura de fases que dependen una de la otra enfocada en las mejoras de procesos y o resolución de problemas a largo plazo, esta herramienta es comúnmente combinada con herramientas y análisis estadísticos de Six Sigma.

Definición

En esta primera etapa de la metodología se espera tener la definición del problema a atacar con la variable de respuesta que determinará el éxito al final del proyecto, el alcance del proyecto esperado por la empresa, las restricciones bajo las cuales tendrá que ser sometido el proyecto, así como los objetivos generales y específicos.

Las herramientas más comunes utilizadas en esta etapa del proyecto son:

- Diagrama SIPOC: Herramienta comúnmente utilizada para fijar el alcance del proyecto debido a que te permite caracterizar de forma detallada el proceso, identificando los involucrados claves.

- Voice of Customer (VOC): esta herramienta permite conocer las expectativas y/o preferencias de todos los involucrados o afectados por el proyecto con el fin de priorizar y tener una solución que resuelva de forma integral el problema.

Medición

En esta etapa se pretende tener toda la información relevante al problema a atacar con el fin de ser analizada posteriormente y encontrar las causas potenciales, en esta etapa se utilizan herramientas como:

- Plan de recolección de datos: Formato que describe todos los datos que se necesitan medir o recolectar con su respectiva justificación del por qué debe ser medido, como se medirá, los responsables de las mediciones, cuando y donde se medirá.
- Mapa de la Cadena de Valor: Herramienta que utiliza un flujo detallado del proceso que permite tener un mejor entendimiento del proceso, así como el análisis de cada una de las etapas que agregan y no agregan valor, para luego ser analizadas y discutidas con el fin de encontrar posibles causas raíz de los problemas para ser resueltos posteriormente.

Análisis

Una vez obtenida toda la información necesitada, relevante al problema planteado, mediante herramienta de análisis se procede a obtener causas potenciales o hipótesis que impactan sobre el problema y con la ayuda de herramientas de verificación y priorización se obtienen las causas raíces de más alto impacto sobre el problema planteado. En esta etapa las herramientas que comúnmente se utilizan son:

- Lluvia de ideas: Herramienta grupal utilizada normalmente para obtener nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. Es importante que esta herramienta sea utilizada con un equipo de trabajo que abarque muchos puntos de vista, con el fin de tener la mayor cantidad de ideas.
- Diagrama de causa efecto o Ishikawa: Herramienta utilizada para determinar posibles factores que generan determinado efecto, para este tipo de proyectos el efecto se lo plantea como la variable de respuesta del proyecto.

- Pareto de causas: Herramienta utilizada para obtener la menor cantidad de cantidad de causas posibles que causan el mayor impacto sobre el problema.
- Matriz de esfuerzo impacto: Herramienta utilizada para obtener las causas que con menor esfuerzo para controlar generan el mayor impacto sobre el problema, es útil para priorizar que causas atacar.
- 5 ¿Porqués?: Herramienta utilizada, para verificar las hipótesis iniciales, a partir de herramientas estadísticas y verificación in situ. El objetivo de este exhaustivo análisis sobre las hipótesis es llegar a la causa raíz del problema en no más de 5 etapas o ciclos de verificación.

Mejora

Ya habiendo tenido las causas raíz del problema planteado en la etapa de definición, se proponen diferentes alternativas para atacarlas, que, mediante una evaluación de estas, se procede a elegir las alternativas que ayuden a alcanzar los objetivos. Para verificar los resultados de las mejoras se realizan pruebas piloto o simulaciones para evaluar y de ser el caso, tomar medidas de corrección de las mejoras.

Control

Una vez se obtuvieron los resultados de la mejora, se deben establecer procesos para poder medir y monitorear los resultados obtenidos, con el fin de obtener más oportunidades de mejora y garantizar la sostenibilidad del proyecto a lo largo del tiempo.

Demand Driven MRP

Demand Driven MRP es una metodología para el manejo de inventarios que consiste en generar ordenes de reposición de inventarios mediante la gestión de un modelo operativo basado en la demanda a partir de un consumo promedio diario, con buffers dinámicos de seguridad, de reposición de órdenes y de generación de órdenes establecidos por características de cada SKU y realidades de la empresa.

- **Consumo promedio diario**

El consumo promedio diario es tasa promedio de consumo diaria a la fecha, es decir se recalcula esta tasa de consumo cada cierto tiempo, los periodos de

tiempo en los cuales se debe recalcular este valor depende de la naturaleza del producto, y el tipo de reacción que se quiere sobre los buffers dinámicos.

- **Tiempo de reabastecimiento**

Es el tiempo desde el cual se genera el pedido, hasta cuando llega al punto deseado.

- **Factor de tiempo de reabastecimiento (%LT)**

Este factor es un factor cualitativo de cada producto relativo a los tiempos de reabastecimiento de cada SKU, mientras más largo es el tiempo de reabastecimiento, más pequeño es este factor como se puede observar en la tabla 1.1:

Tabla 1.1 Rangos de Porcentaje de Lead Time

Categoría del tiempo de reabastecimiento	%Tiempo de reabastecimiento
Largo	20%-40%
Medio	41%-60%
Corto	61%-100%

- **Buffer de generación de órdenes o zona verde**

Este buffer es el que define la frecuencia de pedidos y la mínima cantidad a pedir, se la calcula a partir de la demanda promedio a la fecha, el factor %LT y el tiempo de reabastecimiento de los productos.

- **Buffer de cobertura de la demanda o zona amarilla**

Este buffer es el que soporta la demanda mientras se reabastece el inventario, el cálculo de esta zona se lo realiza con el consumo promedio de la demanda y el tiempo de reabastecimiento.

- **Buffer de seguridad o zona roja**

Este buffer es el que soporta los cambios abruptos que puede sufrir la demanda, es calculado en función de la demanda, el %LT, el tiempo de reabastecimiento y la covarianza de la demanda diaria de los productos, en la figura 1.5 se puede observar el código de colores de las zonas.

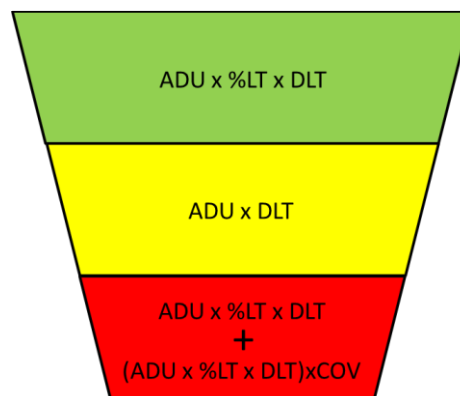


Figura 1.5 Demand Driven Buffers Calculation

Cantidad óptima de pedido (EOQ)

La cantidad óptima de pedido, EOQ por sus siglas en inglés, es un valor determinado del balance de los costos de mantener inventario y de los costos de pedir. Esta cantidad óptima de pedido es utilizada comúnmente en políticas de inventario acompañada de otros valores calculados a partir de esta cantidad óptima de pedido, como lo es el punto de reorden, inventario de seguridad, nivel máximo o mínimo de inventario, etc. En la figura 1.6 se puede observar los costos de la política donde se observa la intersección del punto óptimo.

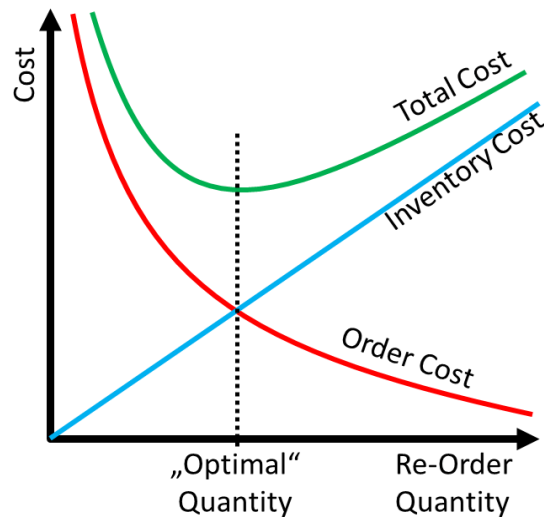


Figura 1.6 Cantidad óptima de pedido

Punto de reorden

El punto de reorden es el nivel de inventario que se debe alcanzar para generar una orden de pedido, este punto de reorden es normalmente calculado con los tiempos de entrega de los pedidos.

Nivel máximo de inventario

El nivel de inventario máximo sugiere una cantidad a pedir al momento de llegar al punto de reorden, con el fin de que los niveles de inventario no sobrepasen los niveles deseados.

Inventario de seguridad

El inventario de seguridad es calculado a partir de la variabilidad de la demanda, sirve para amortiguar cambios abruptos en la demanda y es proporcional al nivel de servicio deseado o cantidad de la demanda que se desea abastecer.

Cobertura de inventario

La cobertura de inventario es calculada como la cantidad disponible en inventario sobre la demanda promedio diaria, este valor es comúnmente utilizado en la planificación ya que se puede determinar a los cuantos días se va a reabastecer el inventario.

Test de normalidad

El test de normalidad hace un contraste de hipótesis para determinar si la distribución de probabilidades de una muestra de datos se comporta como una distribución normal a partir de un valor p determinado por el nivel de confianza deseado.

Señal de rastreo para el error del pronóstico

La señal de rastreo del error del pronóstico es una carta de control sobre el error del pronóstico como se puede observar en la figura 1.7. A partir de esta carta de control se puede concluir si la demanda está siendo subestimada si es que el error es negativo o sobre estimada si el error es positivo. Si la carta de control muestra que el error del pronóstico esta fuera de control estadístico significa que el pronóstico no es el apropiado.

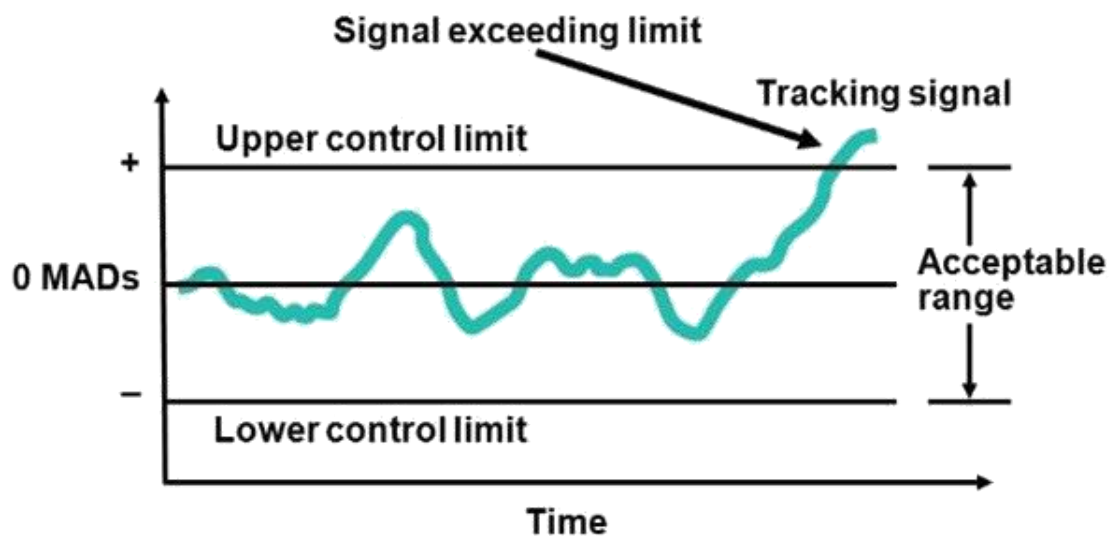


Figura 1.7 Señal de rastreo del error del pronóstico

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Con el fin de poder resolver el problema previamente definido en el Capítulo 1 de una manera estructurada, se utilizó la metodología DMAIC, la cual está conformada por las fases de Definición, Medición, Análisis, Mejora e Implementación y Control. Dado que en el capítulo anterior ya se definió el problema a resolver, a continuación, se detallarán las actividades realizadas correspondientes a cada una de las fases posteriores a la definición, con sus respectivos elementos.

En la etapa de Medición se encontrarán elementos que permitirán conocer con mayor detalle el comportamiento de las variables independientes y dependientes del problema a atacar, con su respectiva verificación. La etapa de Análisis mostrará el proceso con el cual se determinaron las causas raíces del problema, mientras que en las etapas de Mejora, Implementación y Control se encontrarán detalles de las soluciones que fueron llevadas a cabo para resolver el problema, así como medidas de control que garanticen la sostenibilidad de la solución implementada.

2.1 Medición

Una vez definido el problema a atacar, con su respectivo objetivo, alcance y variable respuesta, se procede a levantar información sobre el proceso de distribución de productos, así como de las variables de interés del problema, con el fin de obtener un mapeo general de las posibles causantes del problema. Para ello, fue necesario realizar un plan de recolección de datos que permita obtener la información requerida con un propósito definido, así como la verificación de la confiabilidad de los datos obtenidos; para luego de entrar a detalle con los procesos en estudio mediante diagramas funcionales y mapeo de la cadena de valor, con el fin de poder analizar dicha información y así determinar las posibles causantes de las ventas perdidas.

2.1.1 Plan de Recolección de Datos

Con el fin de levantar información de las variables de interés del problema a resolver, se establece un plan de recolección de datos que permita obtener dicha información de manera estructurada, con objetivos y responsables bien definidos. Para el desarrollo del

plan de recolección de datos, básicamente se tomó en cuenta la medición de las variables respuesta, variables dependientes, restricciones y los datos requeridos para la elaboración del mapeo de la cadena de valor del proceso estudiado, tal como se muestra en la tabla 2.1. Este último, al ser realizado mediante estudio de tiempo, requirió de un proceso estadístico, incluyendo determinación del tamaño de muestra y error permitido.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

QUÉ			DONDE	CUANDO	CÓMO		POR QUÉ	QUIÉN
Significado	Unidad de medida	Tipo de dato	Donde recolectarlo?	Cuando recolectarlo?	Método de Observación	Método de Recolección	Por qué recolectarlo?	Persona a cargo
Ventas perdidas	USD \$	Cuantitativo-Continuo	Base de datos	Inicio etapa medición	Entrevista	Datos Históricos	Permitirá medir la variable respuesta del problema	Santiago & Xavier
Causas de venta perdida	Listado de causas	Cualitativo-Categorico	Centro de Distribución	Inicio etapa medición	Entrevista	Datos Históricos	Permitirá determinar las principales causas de venta Perdida	Santiago & Xavier
Ventas	USD \$	Cuantitativo-Continuo	Base de datos	Inicio etapa medición	Entrevista	Datos Históricos	Permitirá determinar el comportamiento de la demanda, así como a enfocar la solución	Santiago & Xavier
Tiempo promedio en el CD	Horas	Cuantitativo-Continuo	Centro de Distribución	Inicio etapa medición	Entrevista	Encuestando a jefe de bodega del CD	Permitirá determinar el tiempo total de cada etapa del proceso de distribución	Santiago & Xavier
Productos dados de baja	USD \$	Cuantitativo-Continuo	Base de datos	Inicio etapa medición	Entrevista	Datos Históricos	Permitirá determinar la cantidad de productos caducados de la empresa	Santiago & Xavier
Tiempo de transporte a los CDs	Horas	Cuantitativo-Continuo	Bodega de la fábrica	Inicio etapa medición	Entrevista	Encuestando a jefe de bodega de Fábrica	Permitirá determinar el tiempo total de cada etapa del proceso de distribución	Santiago & Xavier
Número de camiones disponibles	Número de camiones	Cuantitativo-Discreto	Centro de Distribución	Inicio etapa medición	Entrevista	Encuestando a jefe de bodega del CD	Permitirá determinar la capacidad de transporte	Santiago & Xavier
Capacidad de los camiones	Pallets	Cuantitativo-Discreto	Centro de Distribución	Inicio etapa medición	Entrevista	Encuestando a jefe de bodega del CD	Permitirá determinar la capacidad de transporte	Santiago & Xavier
Políticas de inventario actuales	Días de cobertura	Cuantitativo-Discreto	Fábrica-Centro de Distribución	Inicio etapa medición	Entrevista	Encuestando al planificador de producción	Permitirá comparar la solución propuesta contra el estado actual	Santiago & Xavier
Tiempo de Recepción en bodega Fábrica	Horas	Cuantitativo-Continuo	Bodega de la fábrica	Inicio etapa medición	Observación directa	Error=5% n=16 N-n=3	Permitirá determinar el tiempo total de cada etapa del proceso de distribución	Santiago & Xavier
Tiempo de cuarentena en bodega Fábrica	Horas	Cuantitativo-Continuo	Bodega de la fábrica	Inicio etapa medición	Observación directa	Error=5% n=25 N-n=19	Permitirá determinar el tiempo total de cada etapa del proceso de distribución	Santiago & Xavier
Tiempo de picking en bodega Fábrica	Horas	Cuantitativo-Continuo	Bodega de la fábrica	Inicio etapa medición	Observación directa	Error=8% n=17 N-n=14	Permitirá determinar el tiempo total de cada etapa del proceso de distribución	Santiago & Xavier
Tiempo de embalaje en bodega Fábrica	Horas	Cuantitativo-Continuo	Bodega de la fábrica	Inicio etapa medición	Observación directa	Error=5% n=19 N-n=37	Permitirá determinar el tiempo total de cada etapa del proceso de distribución	Santiago & Xavier
Tiempo de despacho en bodega Fábrica	Horas	Cuantitativo-Continuo	Bodega de la fábrica	Inicio etapa medición	Observación directa	Error=5% n=10 N-n=13	Permitirá determinar el tiempo total de cada etapa del proceso de distribución	Santiago & Xavier

2.1.2 Verificación de Datos

Una vez levantada la información del plan de recolección de datos, fue necesario realizar una verificación de la confiabilidad de los datos que carecían de algún soporte estadístico. Los datos que fueron considerados para el proceso de verificación son:

- Incremento de ventas en fin de mes
- Tiempo de cuarentena
- Tiempo que pasan los productos en el centro de distribución
- Causas de venta perdida

Para ello, se utilizaron dos métodos de verificación acorde al tipo de dato: Verificación en Gemba y Verificación Estadística.

Incrementan de ventas en fin de mes

Del levantamiento de información de ventas, se realizó un análisis para ver el comportamiento de las ventas, en el cual se pudo apreciar que existe un pico de ventas en fin de mes. Esto se suma a conversaciones con el equipo de planificación del centro de distribución, quienes sostienen que el equipo de ventas, sobre todo canal tradicional, suele facturar por adelantado con el fin de alcanzar sus metas comerciales.

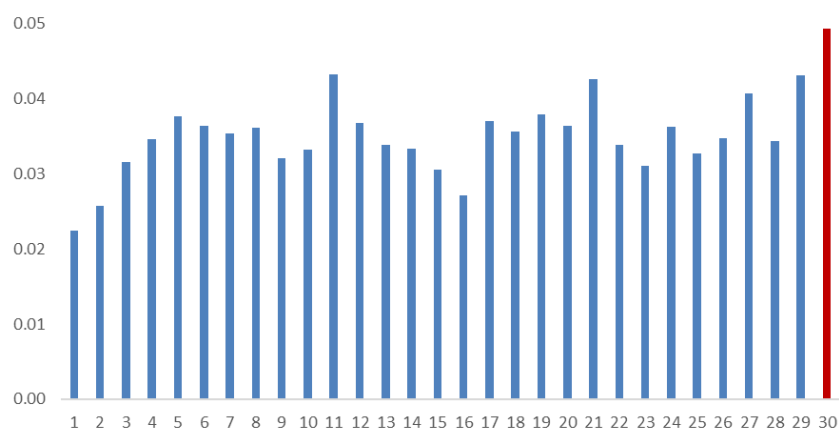
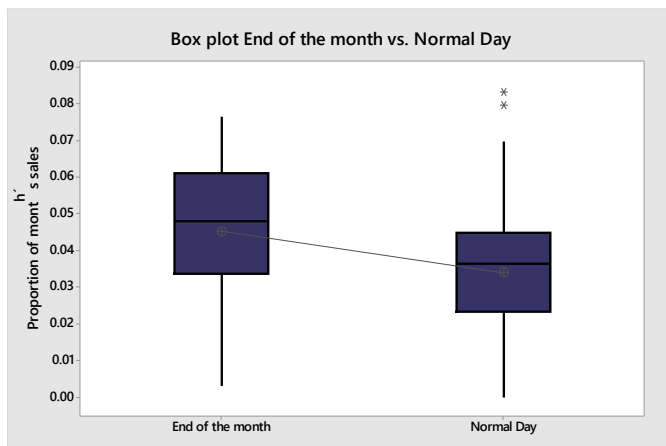


Figura 2.1 Proporción promedio de la venta diaria

En la figura 2.1 se muestra una gráfica de barras con la proporción promedio de la venta por día. En dicha figura se aprecia un pico de ventas en el último día del mes. Para comprobar que existe diferencia significativa entre el fin de mes y un día normal, se realizó una verificación estadística mediante una diferencia de medias de la proporción de ventas promedio en fin de mes, contra la proporción de ventas promedio en un día normal, tal como se muestra en la figura 2.2. Este análisis se realizó con datos de ventas de enero a julio del 2018.



Test

Nule Hipotesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Altern Hipotesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$

T-Value	DF	P-Value
2.16	15	0.024

Figura 2.2 Análisis estadístico del comportamiento de las ventas

Del diagrama de cajas de ventas en fin de mes versus ventas en un día normal, se puede observar que la proporción promedio de ventas en un día normal es menor a la de fin de mes. Con un valor $p = 0.024$, se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que existe suficiente evidencia estadística para decir, con un 95% de confianza, que la proporción de ventas al final del mes es mayor a la proporción de ventas en un día regular. Esta conclusión es de gran importancia pues se está verificando que los vendedores realizan un empuje de ventas a fin de mes con el objetivo de alcanzar sus metas comerciales, creando picos inesperados en la demanda que provocan desabastecimiento en los primeros días del siguiente mes y ocasionando venta perdida.

Tiempo de cuarentena

Basado en conversaciones con el personal de bodega de la fábrica, se determinó que los productos pasan dos días en cuarentena antes de ser liberados y llevados al centro de distribución. Dado que no hubo soporte estadístico que respalde el dato, fue necesario realizar una verificación estadística de los tiempos de cuarentena. Para realizar este análisis, se solicitó información a personal de bodega de producto terminado de la fábrica sobre registros que tengan de los tiempos que pasa en cuarentena el primer producto tipo A, el mismo que fue previamente determinado en función de dólares de venta.

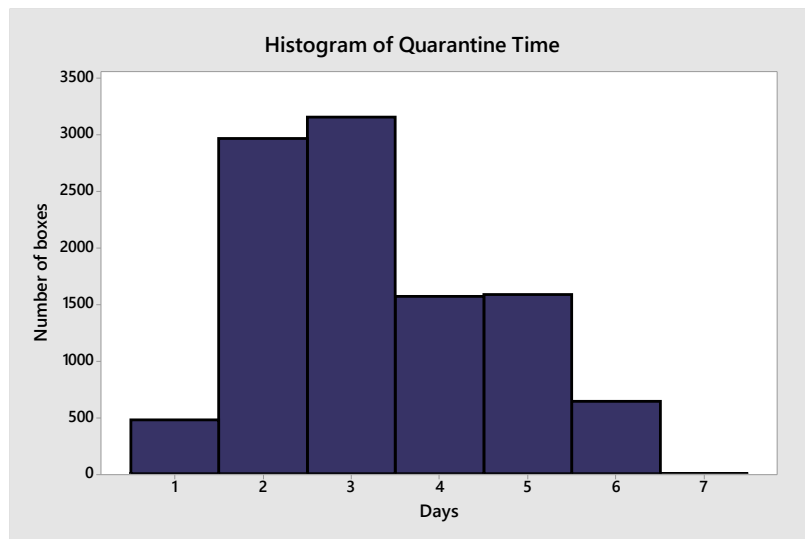


Figura 2.3 Histograma del tiempo en cuarentena de un producto tipo A

Del histograma presente en la figura 2.3, se puede apreciar que la mayor parte de los datos se encuentran a la derecha de 2; por ende, se espera que la media sea mayor que 2, lo cual se puede comprobar mediante la estadística descriptiva y la prueba de hipótesis que se muestran en la figura 2.4.

Descriptive statistics

Mean	St. Error of the mean	St. Dev.	Min	Q1	Median	Q3	Max
3.18	0.0125	1.27	1.48	1.89	2.98	4.2	6.5

Test

Nule Hipotesis	$H_0: \mu = 2$
Altern Hipotesis	$H_1: \mu > 2$
T Value	95.33
P-Value	0.000

Figura 2.4 Estadísticos del tiempo en cuarentena de un producto tipo A

De la estadística descriptiva, se puede ver que la media es 3.18 días de cuarentena, con una desviación estándar de 1.27 días. Con un valor p de casi cero, se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que existe suficiente evidencia estadística para decir, con un 95% de confianza, que el tiempo promedio de cuarentena es más de 2 días. Esta conclusión afecta a la venta perdida pues nos está diciendo que el producto pasa más días de los deseados en bodega de la fábrica, lo cual significa que demora más tiempo de lo pensado en llegar a manos de cliente y, por lo tanto, llega con menos vida útil de

la esperada, generando una posible venta perdida por no cumplir con las especificaciones de los clientes respecto a los días de vida útil que le quedan al producto.

Tiempo que pasan los productos en el centro de distribución

Basado en conversaciones con personal de bodega del centro de distribución, se determinó que los productos pasan en promedio 2 días en sus bodegas antes de ser vendidos. Igual que con el tiempo de cuarentena, esta información carecía de soportes, por lo cual fue necesario realizar una verificación de la información brindada. Dado que el centro de distribución no cuenta con un sistema de trazabilidad para los productos, tal como se muestra en la figura 2.5, no fue posible adquirir reportes en los que evidencie el tiempo de permanencia de los productos en los centros de distribución.

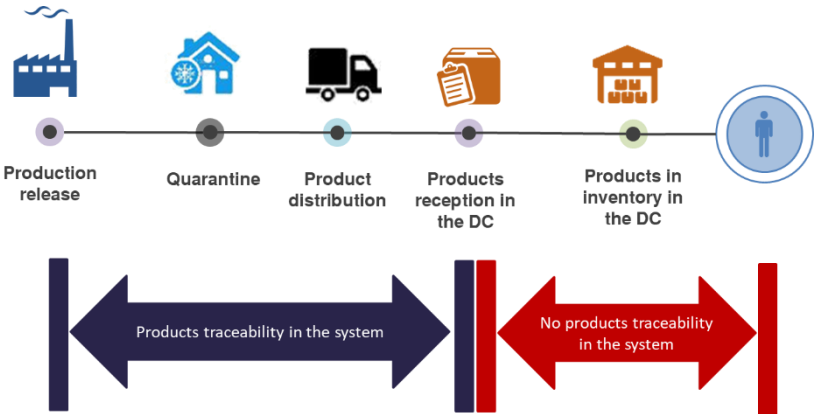


Figura 2.5 Alcance de la trazabilidad de productos en el sistema

Por ello, fue necesario comenzar con una verificación en Gemba, creando formatos que permitan darle seguimiento a cada pallet, de un producto tipo A, que salía de la fábrica hacia el centro de distribución, tal como se muestra en la figura 2.6. Este formato se adjuntaba a los pallets con día y hora de salida de la fábrica y se solicitaba en el centro de distribución que se registre, de igual manera, día y hora en que salió el pallet del centro de distribución. De esta forma, se pudo conseguir levantar información de 2 semanas de tiempos que un producto tipo A pasaba en bodega del centro de distribución.



Figura 2.6 Implementación de formatos para dar trazabilidad a productos

Una vez levantada la información, se determinó que los productos pasan en promedio 3.45 días en el centro de distribución antes de ser vendidos. Esta información, junto con la del tiempo promedio de cuarentena, brindan una visión del tiempo que se toma un producto desde que es producido, hasta que llega a manos del cliente y, por ende, de la vida útil que le queda al producto cuando llega al cliente.

Causas de venta perdida

Finalmente, como parte de la verificación de información, se solicitó un registro que la empresa tenía levantado con causas de venta perdida del año 2017, tal como se muestra en la figura 2.7; sin embargo, este reporte contaba con un sin número de causas no estandarizadas, lo cual hacía dudar de la confiabilidad de la información.

MOTIVOS DE VENTA PERDIDA	MOTIVO REAL	Observaciones	Total
Mes	1 CODIGO MAL UTILIZADO	Sin stock	\$ 49.93
	CODIGO MAL UTILIZADO	Sin stock	\$ 138.40
	NO DISPONIBLE POR FECHA	Fecha no disponible para despacho	\$ 600.25
	NO SE INGRESÓ POR ERROR DEL SISTEMA	PROBLEMA DEL SISTEMA	\$ 280.81
	PLANTA NO DESPACHA PEDIDO	Problemas de Proveedor	\$ 975.68
	PROBLEMAS DE PROVEEDOR. DESPACHO NO REALIZADO	Problemas de Proveedor	\$ 49.44
	PROBLEMAS DEL PROVEEDOR	Problemas de Proveedor	\$ 140.96
	PROBLEMAS DEL PROVEEDOR. FALTA DE ETIQUETAS	Problemas de Proveedor	\$ 787.35
	PROBLEMAS DEL PROVEEDOR. NO DISPONIBLE POR MANCHAS DE ACHIOTE EN LATA	Problemas de Proveedor	\$ 249.92
	PROBLEMAS DEL PROVEEDOR. NO REALIZÓ DESPACHO	Problemas de Proveedor	\$ 222.09
	PRODUCTO DISPONIBLE "SIN CARRITO"	Sin stock	\$ 5.94
	PRODUCTO EN CUARENTENA	Cuarentena	\$ 264.00
	PRODUCTO ENVIADO CON ETIQUETA EQUIVADA	Problemas de Proveedor	\$ 254.92
	PRODUCTO INSTITUCIONAL. BAJO PEDIDO	Sin stock	\$ 11.40
	PRODUCTO PROMOCIONAL	Sin stock	\$ 27.34
	PRODUCTO PROMOCIONAL. NO PARA VENTA INDIVIDUAL	Sin stock	\$ 6.94
	PROMO HASTA AGOTAR STOCK. TERMINADA HACE MESES	Sin stock	\$ 51.33
	PROMOCION TERMINADA. VALIDA HASTA AGOTAR STOCK.	Problemas de Proveedor	\$ 179.90
	REVISAR. NO HUBO DESABASTECIMIENTO DE MAIZ X3	Problemas de Proveedor	\$ 96.28
	REVISAR. NO HUBO DESABASTECIMIENTO DE NECTAR MORA X2	AUTOSERVICIO NO AJUSTA PRECIO	\$ 48.50
	SOBREVENTA	Sin stock	\$ 1,779.18
	TRANSPORTE NO LEGÓ DESPACHO PENDIENTE	Sin stock	\$ 1,530.04
	VOLUMEN DE VENTAS NO JUSTIFICA MÍNIMOS DE PRODUCCIÓN	Sin stock	\$ 185.14
	VOLUMEN NOLLEGA AL PEDIDO MÍNIMO	Sin stock	\$ 354.85

Figura 2.7 Reporte de causas de venta perdida 2017

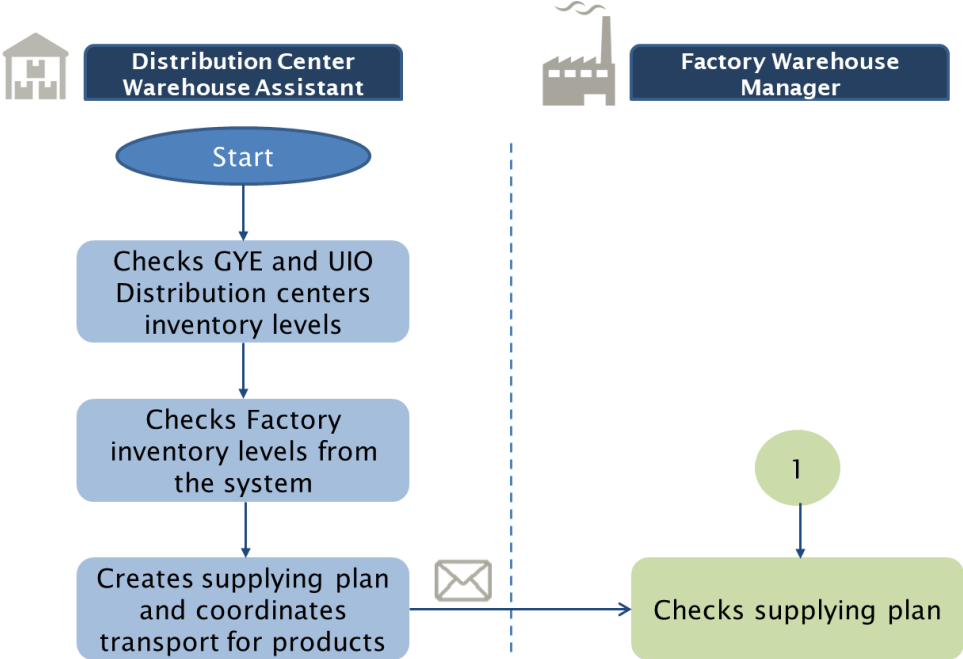
Por ello, fue necesario la creación de una plantilla para el registro de causas de venta perdida, tal como se muestra en la figura 2.8, la cual cuenta con causas estándares que al final permita generar un reporte de frecuencia de ocurrencia de las causas y poder tomar acciones al respecto.

DESGLOSE POR CANAL DE MOVIMIENTOS A BODEGA GPT VENTAS PERDIDAS MENSUAL								
COD. PLANTA	COD PT	Planta	Nombre Producto	Cantidad en unidades	Costo Unitario	Total Costo	CAUSAL	Canal
-	-	-				-		
-	-	-				-		
-	-	-				-		
-	-	-				-		

Figura 2.8 Plantilla para registro de causas de venta perdida

2.1.3 Procesos Detallados

Como parte de la etapa de medición, fue necesario también conocer a detalle los principales procesos involucrados en el proyecto, tales como el proceso de distribución y el proceso de venta, en el cual se activa la venta perdida. Para ello, se desarrollaron diagramas funcionales de ambos procesos, tal como se muestra en las figuras 2.9 y 2.10.



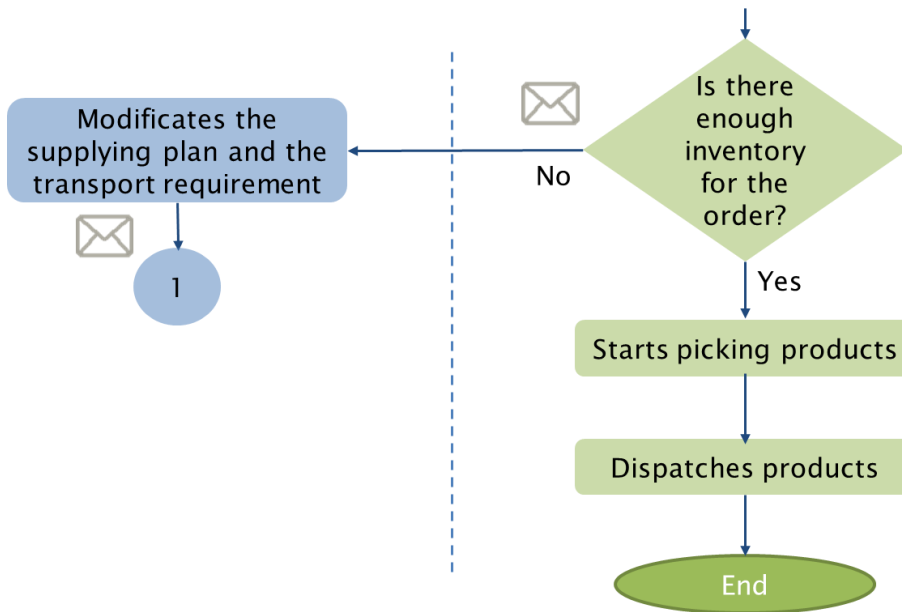
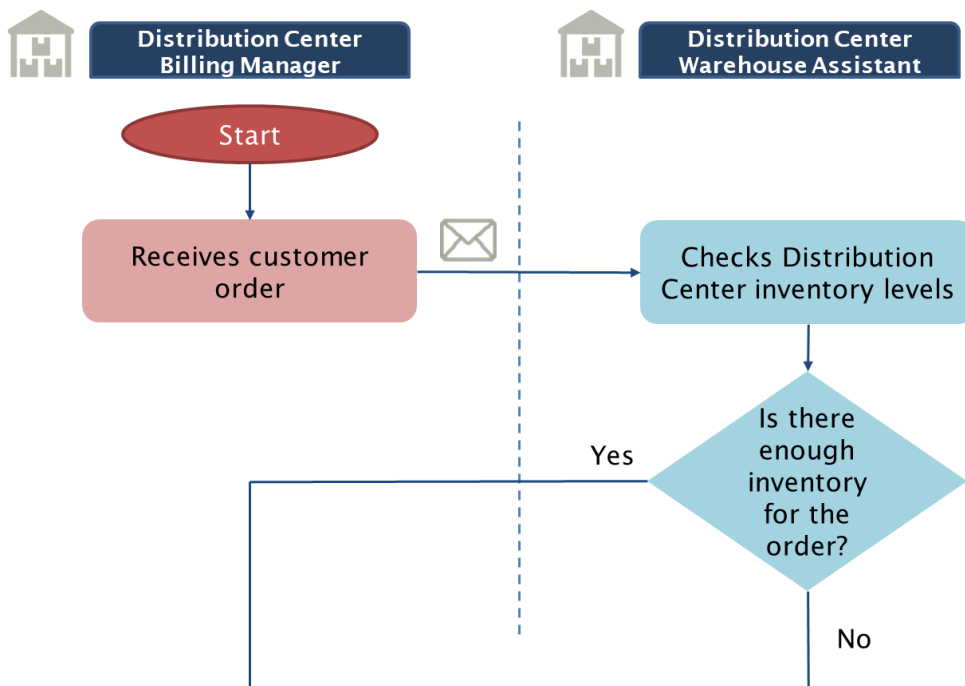


Figura 2.9 Diagrama funcional proceso de distribución



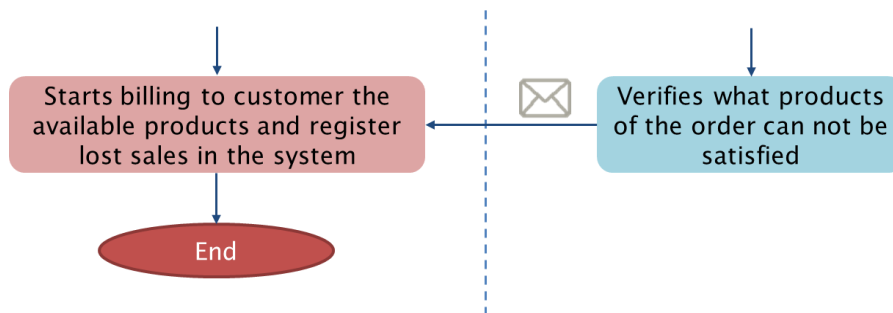


Figura 2.10 Diagrama funcional proceso de ventas

2.1.4 Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) del proceso de distribución

Una vez que se ha recolectado y verificado la información levantada, así como el detalle de los procesos involucrados, es posible realizar un mapeo de la cadena de valor del proceso de distribución desde la fábrica a los centros de distribución, con el fin de analizar los tiempos de cada una de las etapas involucradas y poder determinar el tiempo que le toma a un producto desde que es producido, hasta que sale del centro de distribución.

Como primer paso para el desarrollo del VSM, se determinó la distribución de probabilidades de cada una de las etapas del proceso de distribución, así como de la cantidad de pallets diarios que se envían a los centros de distribución que será utilizada como la tasa de arribos en el proceso de distribución. A continuación, se muestran los resultados en las figura 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14.

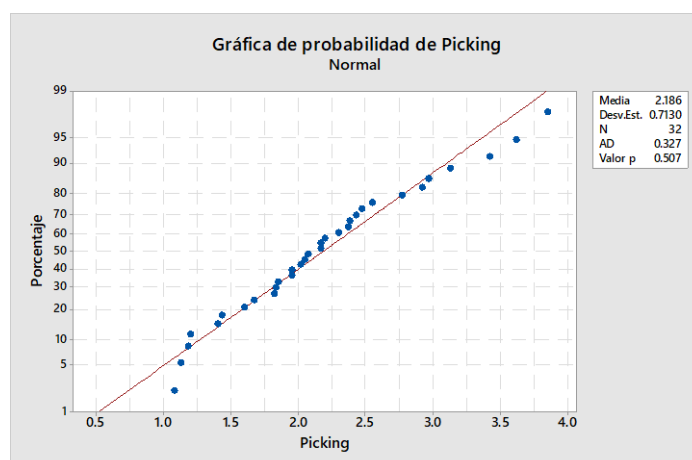


Figura 2.11 Prueba de bondad de ajuste para el tiempo de picking

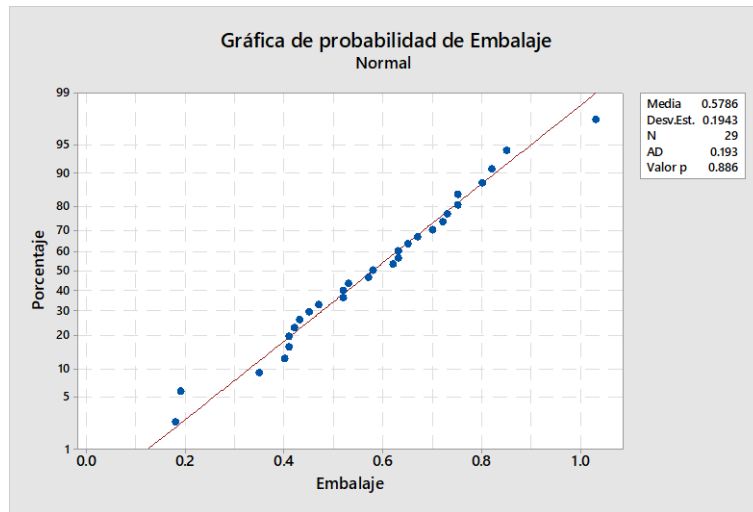


Figura 2.12 Prueba de bondad de ajuste para el tiempo de embalaje

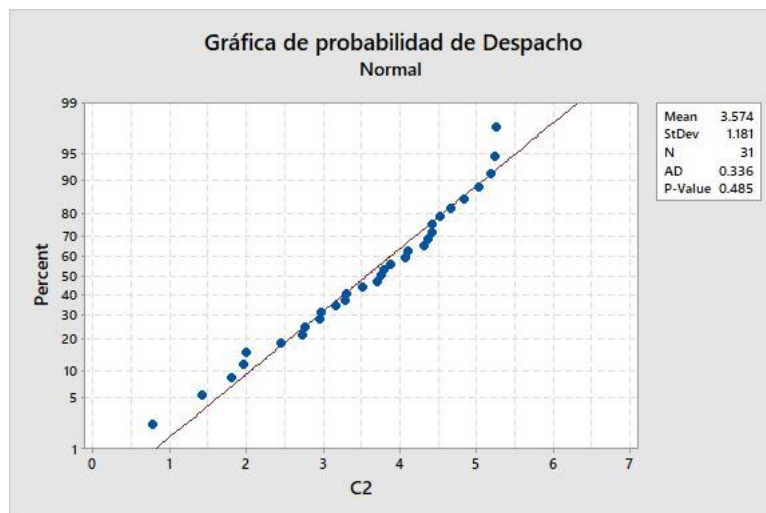


Figura 2.13 Prueba de bondad de ajuste para el tiempo de despacho

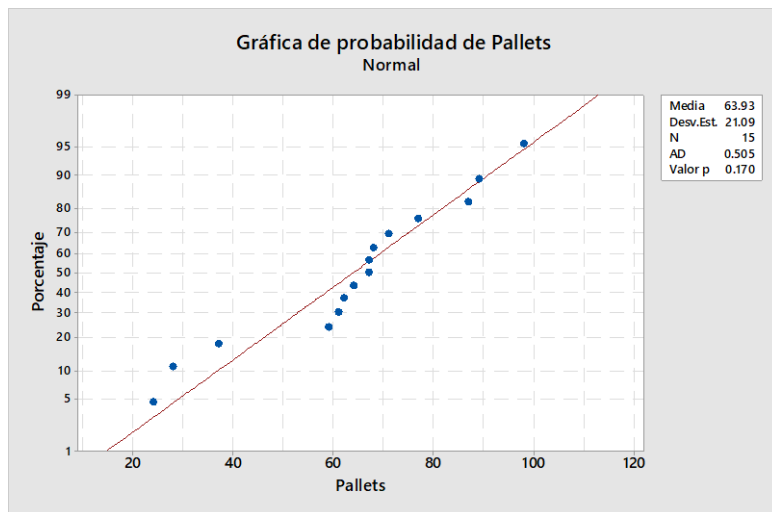


Figura 2.14 Prueba de bondad de ajuste para la cantidad de pallets enviada diaria

En el proceso actual de distribución de la bodega de la fábrica hay dos operarios, uno que se encarga de hacer el picking de pallets antes de que lleguen los camiones y otro operario realiza el embalaje y documentación, por lo que para cada proceso se consideró un modelo con un servidor y colas infinitas para fines prácticos. Dado que las distribuciones de probabilidades de la tasa de servicio y la tasa de llegada siguen una distribución normal, se consideró un modelo G/G/1, con el significado de los factores como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Análisis de teoría de colas con modelo G/G/1

	Parámetro	Picking	Embalaje	Despacho
Inputs	Tasa de llegada (u/hora)	12.79	12.79	12.79
	Desviación llegada (u/hora)	4.22	4.22	4.22
	Tasa de servicio (u/hora)	30.58	121.26	16.99
	Desviación servicio (u/hora)	10.67	63.11	46.92
M/M/1	Factor de utilización	0.42	0.11	0.75
	Iddle	0.58	0.89	0.25
	Tiempo promedio en cola (horas/unidad)	0.02	0.00	0.18
	Cantidad promedio en sistema (unidades)	0.72	0.12	3.04
	Cantidad promedio en cola (unidades)	0.30	0.01	2.29
COV	Factor de corrección	0.12	0.19	3.87
G/G/1	Tiempo promedio en cola (horas/unidad)	0.00	0.00	0.69
	Tiempo promedio en sistema (horas/unidad)	0.04	0.01	0.75
	Cantidad promedio en sistema (unidades)	0.08	0.02	11.77
	Cantidad promedio en cola (unidades)	0.03	0.00	8.86

A partir de este análisis y de los datos obtenidos en la empresa como inventarios promedio de almacenamiento y tiempo de permanencia en ellos, fue posible realizar el VSM y así determinar el tiempo total que le toma al producto llegar al cliente, tomando en cuenta el tiempo que agrega y no agrega valor al proceso, tal como se muestra en la figura 2.15.

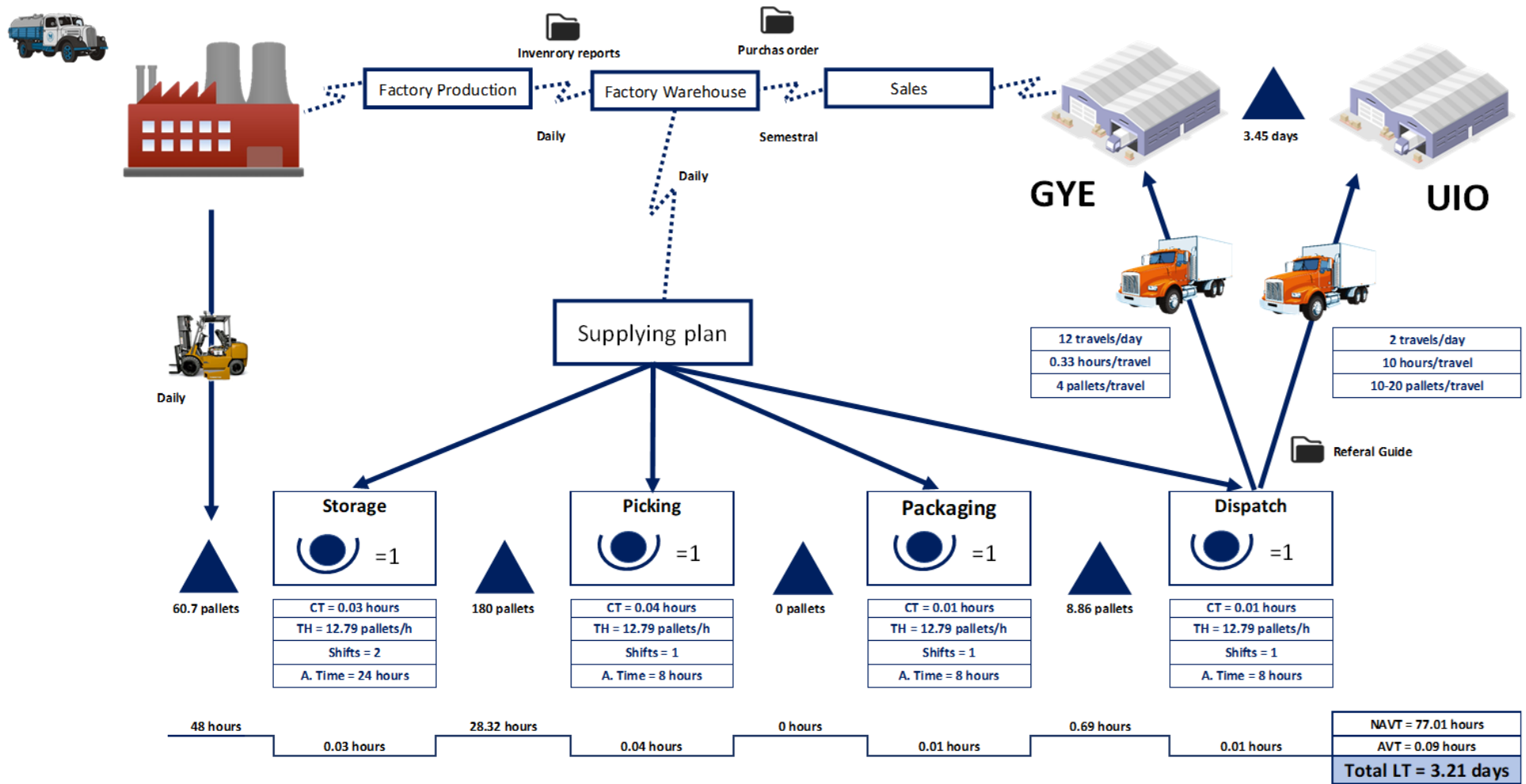


Figura 2.15 Value Stream Mapping del proceso de distribución

Del VSM se puede apreciar que los productos pasan en la bodega de la fábrica un total de 3.21 días en promedio, con 0.09 horas de valor agregado y 77 horas de valor no agregado. Además, el producto pasa en promedio 3.45 días en el centro de distribución, dando un total de 6.7 días en promedio que el producto permanece, entre fábrica y centros de distribución, hasta finalmente llegar al cliente. Este estudio nos permite conocer que en promedio los productos llegan con 38 días de vida útil al cliente, y dado que los principales clientes exigen con un mínimo de 36 días, la empresa está jugando al límite de tiempo y puede verse en riesgo de desperdiciar mucho producto por no cumplir con especificaciones del cliente. Una pequeña afectación de la variabilidad de los tiempos del proceso provocará que el producto ya no sea aceptado por el cliente, es por ello que se debe buscar la forma de reducir este tiempo.

2.2 Análisis

Una vez hecho el levantamiento de información de la variable de respuesta, los KPI de interés y del proceso de distribución desde la fábrica hacia los centros de distribución, se procedió a realizar el análisis de causas del problema. En esta etapa, se realizó una lluvia de ideas con el equipo de trabajo para determinar todas las posibles causas de venta perdida de productos lácteos, para luego de verificar las causas más relevantes, poder determinar las causas raíces del problema mediante la herramienta 5 por qué.

2.2.1 Análisis de causas

Para tener un análisis exhaustivo de las causas de ventas perdidas, se realizaron reuniones con el equipo de trabajo para realizar un ejercicio de lluvia de ideas con el fin de tener la mayor cantidad de causas posibles de venta perdida como se muestra en la figura 2.16.

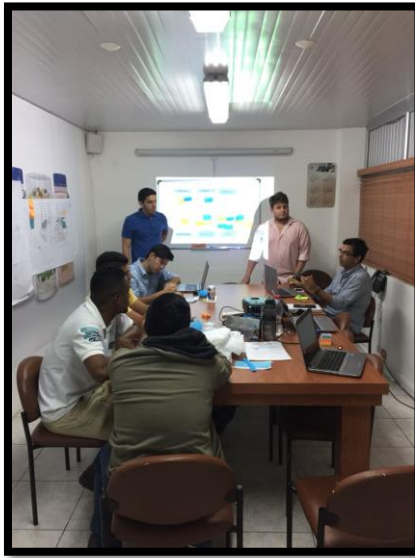


Figura 2.16 Equipo de trabajo

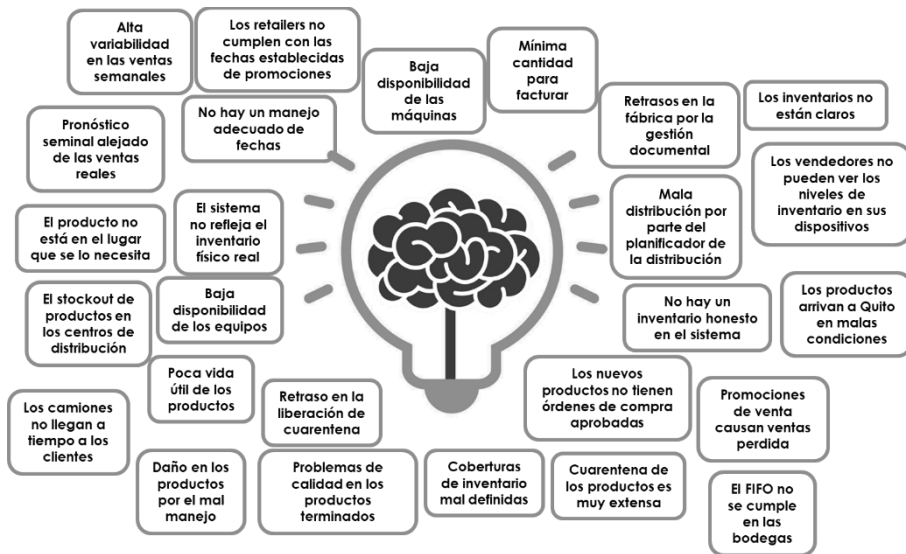


Figura 2.17 Lluvia de ideas de causas de venta perdida

A partir de la lluvia de ideas de la figura 2.17 se procedió a realizar un Ishikawa como se muestra en la figura 2.18.



Figura 2.18 Diagrama Causa Efecto

Se hizo una priorización de las causas en relación con su impacto sobre la venta perdida y la cantidad de productos dados de baja a partir de la moda de las calificaciones que le dio el equipo de trabajo, tal como se muestra en las tablas 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3 Calificación de impacto de causas

Niveles de relación	
Blanco	Ninguna relación
1	Relación muy baja
3	Relación moderada
9	Relación fuerte

Tabla 2.4 Matriz causa efecto

Matriz Causa Efecto			Variables de salida Y		Total
			Ventas perdidas	Productos caducados	
Variables de entrada X	1	No existe inventario sincerado en sistema	7	3	30
	2	Coberturas de inventario (CEDIS) mal definidas	1	3	16
	3	Pronóstico semanal alejado de la venta real	9	9	90
	4	No se tienen claros los inventarios (CHIVERÍA)	3	3	30
	5	El vendedor no puede visualizar STOCK en su dispositivo	9	3	72
	6	Alta variabilidad de la venta entre semanas	9	3	72
	7	No hay control de fechas	9	9	90
	8	En bodega falta de stock de productos	9	0	63
	9	El producto no esta en el sitio que se lo necesita	9	9	90
	10	Promoción de ventas causa sobre stock	0	0	0
	11	Cadenas no cumplen fecha programada para promoción	3	3	30
	12	Camión no llego al cliente por tiempo	9	0	63
	13	Productos nuevos no tienen OC o no esta aprobada	3	1	24
	14	Daños en producto por mala manipulación	3	0	21
	15	Atraso de CHIVERIA por la guía	3	1	24
	16	Sistema no refleja inventario físico	3	3	30
	17	Mal despacho por parte del operador de bodega tropi	0	1	3
	18	No se cumple fifo	0	9	27
	19	Producto llega en mal estado a Quito	3	1	24
	20	Baja disponibilidad de espacio	9	1	66
	21	Atraso en liberación por Cuarentena	3	3	30
	22	Cuarentena del producto muy extensa	3	0	21
	23	Productos con poca vida útil	0	0	0
	24	Problemas de calidad de productos de exportación	0	0	0
	25	Problemas de calidad del producto en tropi	3	0	21
	26	% disponibilidad de equipos baja	3	0	21
	27	Monto mínimo de facturación	1	0	7
	28	Código mal utilizado por vendedor	3	0	21
	29	Producto no disponible por vida util requerida por el cliente	9	3	72
	30	Planta no despacha la cantidad planificada	9	3	72
	31	Despacho no realizado por no liberación de Calidad en Fábrica	3	3	30
	32	Código de barra incorrecto en la caja	1	1	10
	33	Factura por adelantado para alcanzar metas comerciales	9	0	63

A partir de esto, se realizó un análisis de Pareto, como se muestra en la figura 2.19, con el fin de seleccionar las causas que tengan mayor impacto sobre las variables respuesta para luego proceder a verificarlas.

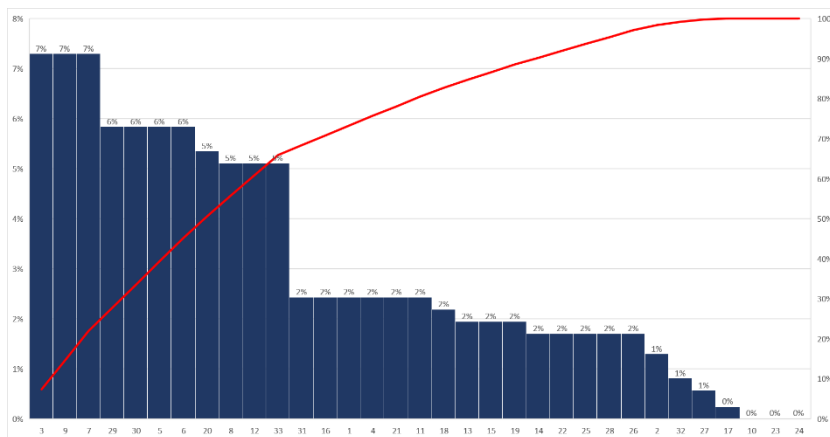


Figura 2.19 Pareto de causas posibles de la venta perdida

Una vez que se priorizó los posibles factores, se procedió a hacer una evaluación de estos factores con una ponderación del 1 al 20, siendo 1 fácil de controlar y 20 difícil de controlar. A continuación, se puede observar la matriz de calificación de impacto vs control en la tabla 2.5 y la matriz de impacto vs control de causas en la figura 2.20.

Tabla 2.5 Matriz de calificación de impacto vs Control

# Causa	MATRIZ IMPACTO vs CONTROL	CONTROL	IMPACTO
		x	y
3	Pronóstico semanal alejado de la venta real	9	90
9	El producto no esta en el sitio que se lo necesita	8.5	90
7	No hay correcto manejo de Fechas en despachos fab y CD	12	90
29	Producto no disponible por vida util requerida por el cliente	12	72
30	Planta no despacha la cantidad planificada	14	72
5	El vendedor no puede visualizar STOCK en su dispositivo	13	72
6	Alta variabilidad de la venta entre semanas	17	72
20	Baja disponibilidad de espacio	18	66
14	En bodega falta de stock de productos	8	63
12	Camión no llego al cliente por tiempo	6	63
33	Factura por adelantado para alcanzar metas comerciales	14	63

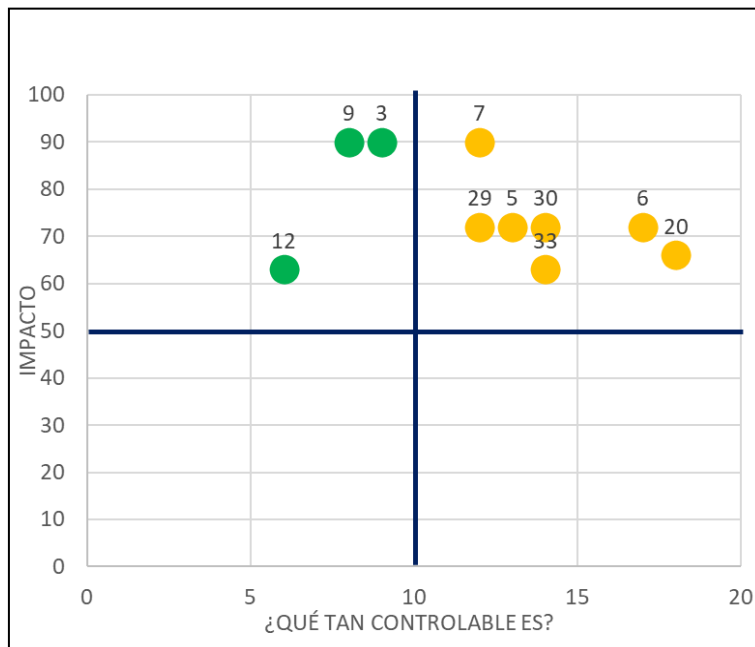


Figura 2.20 Matriz de impacto vs Control

Las tres causas que fueron escogidas como las de más alto impacto y menor dificultad de controlar son:

1. El pronóstico semanal está alejado de las ventas reales.
2. Los productos no están donde deberían estar.
3. Los camiones no llegan a los clientes a tiempo.

Estas son las causas o factores de los cuales se van a seguir analizando para encontrar las causas raíces y poder tomar una acción correctiva para contrarrestar su efecto sobre la venta perdida y productos dados de baja.

2.2.2 Plan de verificación de causas

A partir de las causas priorizadas, se procedió a realizar un plan de verificación de causas como se en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Plan de verificación de causas

Causas potenciales Xs	Teoría acerca del impacto	Como verificar	Estatus
Pronóstico está alejado de las ventas reales	El error de pronóstico sería grande, lo cual provocaría que se produzca mucho más o mucho menos de la demanda real, generando ventas perdidas en caso de escasez, o productos caducados en caso de exceso.	Data Historica, 5 ¿Por qué?	Completado
Los productos no están donde deben estar	Provocaría que haya faltante de producto en un punto, mientras que en el inventario total aparece que sí hay suficiente producto.	Data Historica, 5 ¿Por qué?	Completado
Los camiones no llegan a los clientes a tiempo	Provocaría que no se pueda entregar el pedido solicitado al cliente, generando venta perdida.	Go-see	Completado

En el caso de la causa potencial “El pronóstico está alejado de las ventas reales,” se hizo una carta de control para la señal de rastreo del error del pronóstico como se muestra a continuación en la figura 2.21.

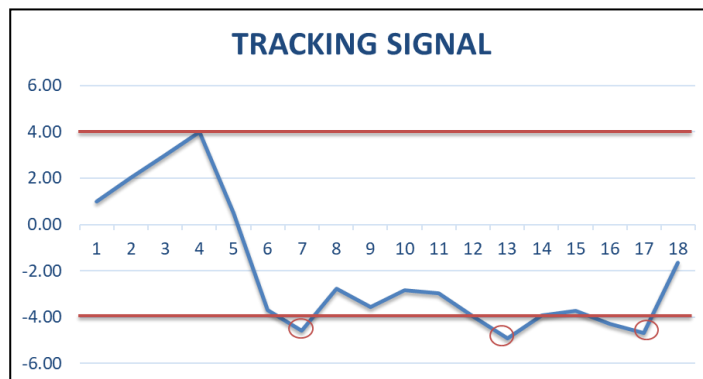


Figura 2.21 Carta de control para la señal de rastreo del error del pronóstico

Se puede observar en la figura 2.21 que hay puntos fuera de los límites de control, por lo que se puede concluir que el error del pronóstico se encuentra fuera de control estadístico. Además, al ver que la tendencia de la señal de rastreo del error del pronóstico es de ser negativo, se puede concluir que la demanda está siendo subestimada. A partir de esto se puede concluir que la causa potencial “El pronóstico está alejado de las ventas reales” ha sido verificada.

Para la causa potencial “Los productos no están donde deben estar,” se tomaron datos históricos de la venta perdida de 15 días y a cada venta perdida se le asignó la causa del por qué sucedió la misma, obteniéndose como resultado el pie chart que se muestra en la figura 2.22.

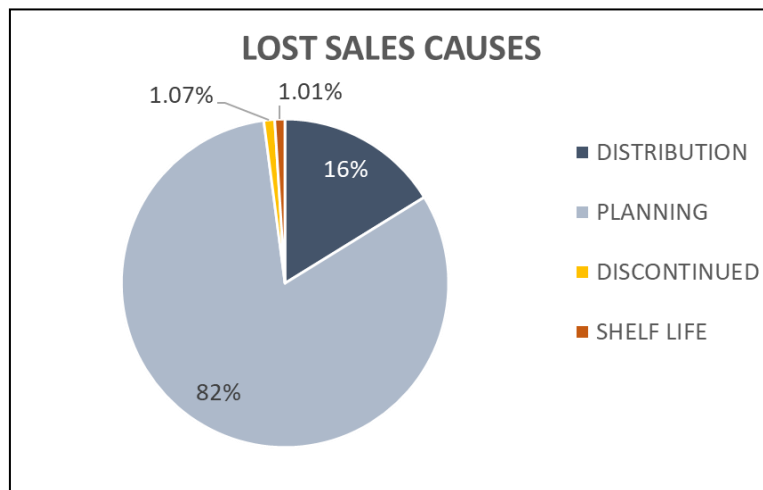


Figura 2.22 Pie chart de causas de venta perdida

En el pie chart se puede observar las dos causas principales de venta perdida, en el periodo estudiado, son la planeación con un 82% y la distribución con un 16% del aporte a venta perdida. A partir de esto se puede concluir que efectivamente hay ventas perdidas porque los productos no están donde deben estar debido a que no hubo una correcta distribución hacia los centros de distribución.

Para el caso de la causa potencial “Los camiones no llegan a tiempo,” se procedió a buscar datos históricos, pero no hubo evidencia de esto. Se entrevistó a los encargados y manifestaron que esto no ocurría, siempre había cobertura para todos los clientes y, en caso de retrasarse un poco, los clientes igual reciben los pedidos; con lo cual se descarta esta causa potencial.

2.2.3 Determinación de Causas raíces

Una vez que se verificaron las causas de ventas perdidas, se realizó el ejercicio del 5 ¿Por qué? para cada causa con el fin de encontrar las causas raíces.

Para el caso de la causa potencial “El pronóstico semanal se encuentra alejado de las ventas reales” se muestra el siguiente ejercicio del 5 ¿Por qué? en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Cinco ¿Por qué? de la causa: Pronóstico semanal alejado de la venta real

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Ronda 5	Hipótesis	Acción
¿Por qué hay ventas perdidas?		¿Por qué el pronóstico semanal se encuentra alejado de las ventas reales?		¿Por qué el método para pronosticar no es el apropiado?		¿Por qué se ha realizado empíricamente?		¿Por qué no hay una herramienta apropiada que describa el pronóstico semanal?		Crear un modelo para pronosticar la demanda semana a semana
Porqué el pronóstico semanal se encuentra alejado de las ventas reales	SI	Porqué el método para pronosticar no es el adecuado	SI	Por que se lo ha venido realizando empíricamente	SI	Por que no hay una herramienta apropiada que describa el pronóstico semanal	SI	Por que el actual software de pronóstico no lo permite	SI	
								Because the historical demand used as input contains sales promotions		Encontrar un factor que describa el incremento en ventas a causa de las promociones
		Hay una alta variabilidad en la demanda semanal	SI	Por qué hay una alta variabilidad en la demanda semanal		Por que la demanda a final del mes es mayor que la demanda en el resto del mes		¿Por qué los vendedores facturan por adelantado?		Mejorar las políticas de ventas
				Por que la demanda a final del mes es mayor que la demanda en el resto del mes	SI	Porque los vendedores facturan por adelantado	SI	Por que quieren alcanzar las metas comerciales		
				Por que hay promociones de ventas						Incluir las promociones de ventas en el pronóstico
				Por que la demanda que percibe la compañía es la de los retailers y no la real						Mejorar la coordinación entre eslabones de la cadena de suministros

Para verificar la causa de que hay una alta variabilidad en la demanda y que el input de demanda histórica contiene promociones de ventas se realizó una prueba de hipótesis para determinar si existe un factor que describa las promociones de ventas, se utilizó el input de la demanda histórica y la información suministrada por el departamento de marketing en la cual especificaba en que fechas y a que precios estuvieron las promociones, a partir de esta información se obtuvo la proporción del precio durante la promoción y se realizó el contraste de hipótesis, como se muestra en la figura 2.23.

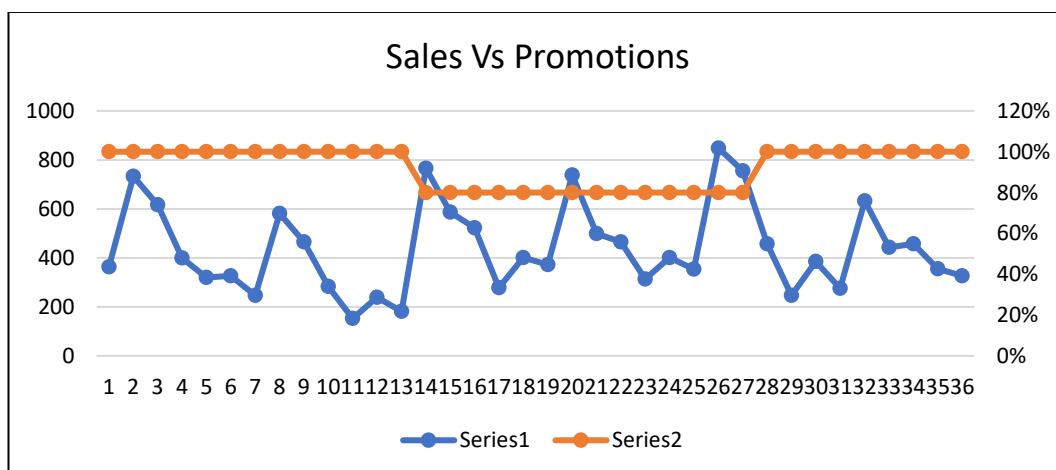


Figura 2.23 Promociones de ventas

Con un valor $p=0$ se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede concluir con un 95% de confianza que existe suficiente evidencia estadística para determinar que hay un factor distinto de cero que explique cómo las promociones de ventas afectan a la demanda.

Para el caso de la causa potencial “Los productos no están donde deben estar,” se muestra el siguiente ejercicio del 5 ¿Por qué? En la tabla 2.8:

Tabla 2.8 Cinco ¿Por qué? Los productos no están donde deben estar

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Ronda 5	Hipótesis	Acción
¿Por qué hay ventas perdidas?		¿Por qué los productos no están donde deben estar?		¿Por qué la distribución de los productos no es la correcta?		¿Por qué las cantidades obtenidas para enviar son obtenidas empíricamente?		¿Por qué no hay una herramienta adecuada para distribuir los productos?		
Porque los productos no están donde deben estar	SI	Porque la distribución de los productos no es la correcta	SI	Porque las cantidades obtenidas para enviar son obtenidas empíricamente	SI	Porque no hay una herramienta adecuada para distribuir los productos	SI	Porque la herramienta actual de distribución no dice cuándo enviar y cuánto enviar	SI	Crear una herramienta para la planificación de la distribución
								Porque las herramientas de distribución no han sido revisadas en mucho tiempo		
								Porque no toma en cuenta la capacidad de las bodegas y la capacidad del transporte		
								Porque no toma en cuenta la vida útil de los productos		

A partir de los ejercicios de los 5 ¿Por qué?, se obtuvieron las siguientes causas raíces para cada causa verificada.

El pronóstico semanal se encuentra alejado de las ventas reales:

1. La demanda histórica usada como input contiene promociones de ventas.
2. Vendedores facturan por adelantado al final del mes para alcanzar las metas comerciales.
3. Las promociones de ventas incrementan la variabilidad en la demanda.
4. La compañía no percibe la demanda real.

Los productos no están donde deben estar:

1. La herramienta de distribución no dice cuánto enviar y cuándo enviar.
2. Las políticas de inventario no han sido revisadas en mucho tiempo.
3. Las políticas de inventario no toman en consideración las capacidades.

4. Las políticas de inventario de los CD no están alineadas con las de la fábrica.
5. La herramienta de distribución no toma en consideración la vida útil de los productos.

2.3 Mejora

Una vez que se han determinado las causas raíces del problema, es posible continuar hacia la siguiente fase de la metodología DMAIC: Mejora. En esta etapa se buscará obtener las soluciones al problema que posteriormente serán implementadas. Para ello, se inicia con la generación de ideas de soluciones mediante una lluvia de ideas, para luego de seleccionar las mejores soluciones y de elaborar un plan para su implementación, finalmente describir las soluciones seleccionadas.

2.3.1 Lluvia de ideas de soluciones

Como primer paso para determinar las soluciones, se realizó una lluvia de ideas con el equipo del proyecto con el objetivo de obtener la mayor cantidad de posibles soluciones a la venta perdida. En esta actividad se trató de atacar todas las causas raíces del problema, colocando el número de las causas raíces que se ven afectadas por cada solución, tal como se puede ver en la figura 2.24.

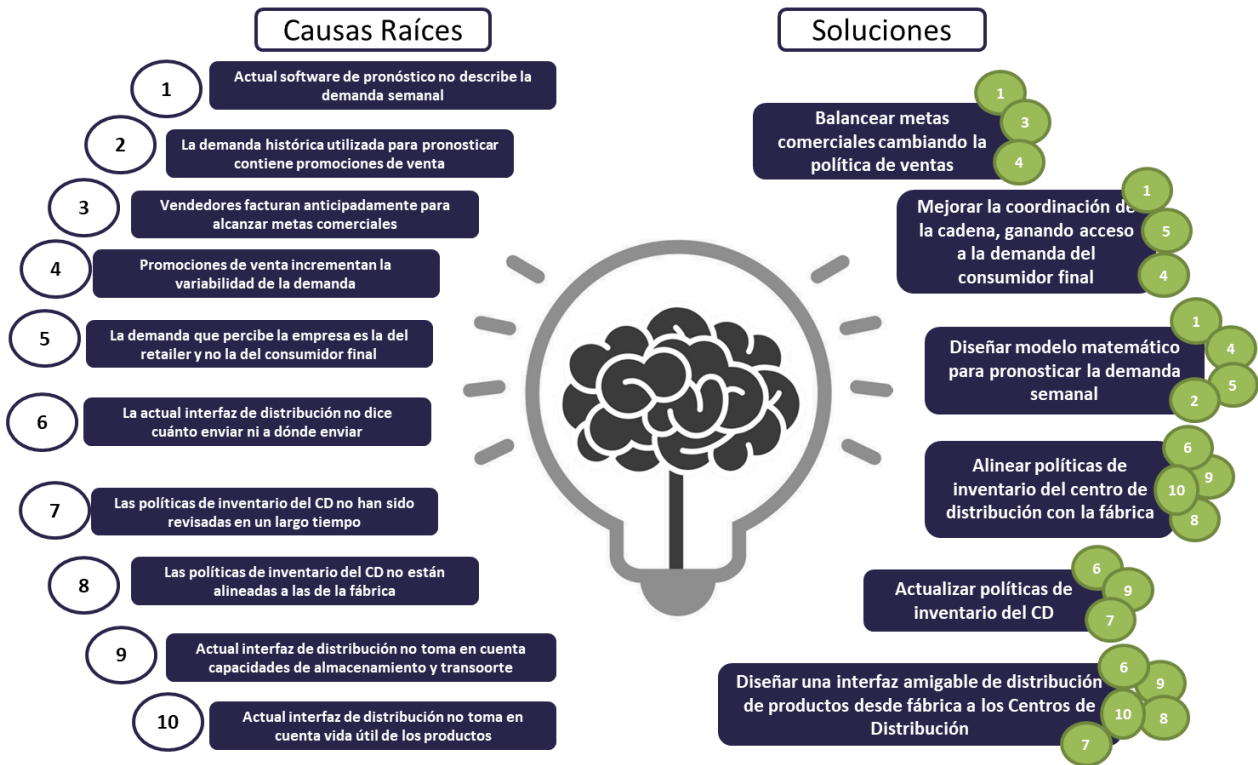


Figura 2.24 Lluvia de ideas de soluciones para la venta perdida

2.3.2 Selección de soluciones

Una vez realizada la lluvia de ideas de soluciones, se procede a evaluar las soluciones en una matriz esfuerzo-impacto, con el fin de seleccionar las soluciones que requieran menor esfuerzo y tengan mayor impacto sobre la variable respuesta, tal como se muestra en la figura 2.25.

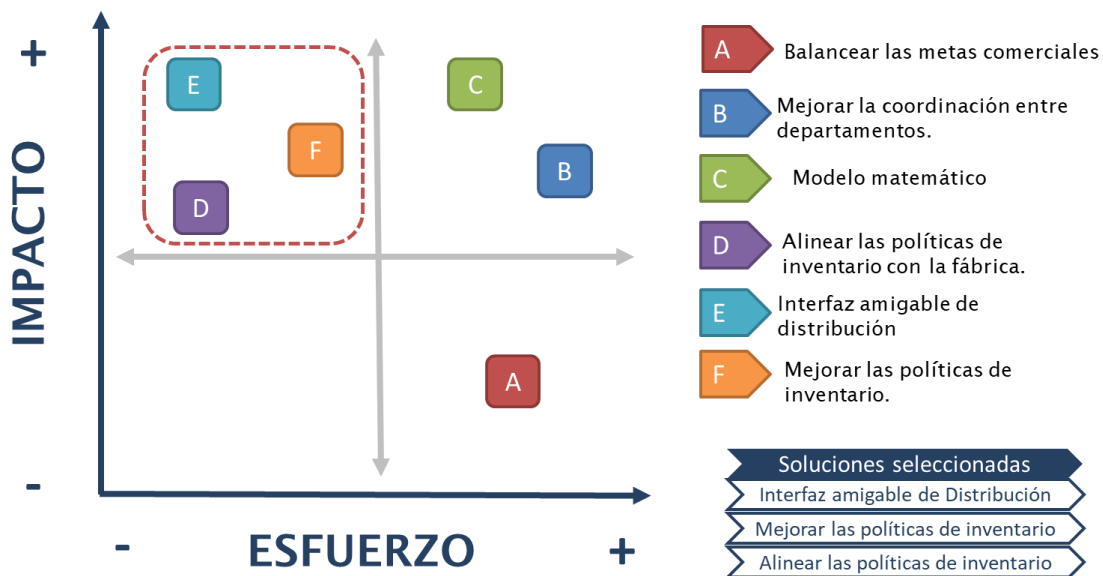


Figura 2.25 Matriz Esfuerzo-Impacto de soluciones

De la matriz se puede concluir que las soluciones que requieren menos esfuerzo y tienen mayor impacto sobre las ventas perdidas son: Interfaz amigable de distribución, actualización de las políticas de inventario y alineación de las políticas entre el centro de distribución y la fábrica.

Luego, con el fin de evaluar la factibilidad de llevar a cabo las soluciones en términos de inversión, se realizó un análisis de costos de éstas, tal como se muestra en la tabla 2.9.

Tabla 2.9 Análisis de costo de las soluciones

	Costos iniciales estimados					
	A	B	C	D	E	F
Activos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Fuerza laboral	\$ -	\$ 12,000	\$ 9,950	\$ -	\$ 5,000	\$ -
Capacitación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Adicionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo Total	\$ -	\$ 12,000.00	\$ 9,950.00	\$ -	\$ 5,000.00	\$ -

		Análisis Final					
Menor costo	30%	5	1	2	6	3	4
Menor esfuerzo	30%	2	1	3	6	5	4
Mayor Impacto	40%	1	3	5	2	6	4
Valor Final		2.5	1.8	3.5	4.4	4.8	4.0

De este análisis se pudo evidenciar que las tres soluciones que habían sido seleccionadas previamente, D, E y F, al incluir el factor costo, continúan siendo las mejores puntuadas y, por ende, las soluciones seleccionadas para implementarse. Estas son:

- Interfaz amigable para la distribución de productos desde la fábrica hacia los centros de distribución.
- Actualización de las políticas de inventario del centro de distribución
- Alineación de las políticas de inventario entre el centro de distribución y la fábrica.

2.3.3 Plan de implementación de soluciones

Con las soluciones seleccionadas, se procede a realizar un plan de implementación de éstas, con el fin de dar claridad y orden durante su implementación, tal como se muestra en la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Plan de implementación de las soluciones

CAUSA RAÍZ	QUÉ	POR QUÉ	CÓMO	DÓNDE	QUIÉN	COSTO	DÓNDE	ESTADO
Actual interfaz de distribución no dice cuánto ni a dónde enviar	Diseñar una interfaz para hacer la correcta distribución de productos desde fábrica a los CDs	Porque esto ayudará a mejorar decisiones de cuánto y a dónde enviar	Mediante el análisis de los inputs requeridos por la interfaz de distribución	En el CD de la empresa, sobre el proceso de planificación de la distribución	Líder del proyecto	\$ 5,000	ago-18	Completado
Las políticas de inventario no han sido revisadas en mucho tiempo	Actualizar las políticas de inventario de los CDs	Porque las políticas de inventario actuales fueron obtenidas empíricamente	Mediante el análisis de la demanda, lead times y costos	Fábrica y CD, sobre las políticas de inventario de productos lácteos	Líder del proyecto	N/A	ago-18	Completado
Las políticas de inventario del CD no están alineadas con las de la fábrica	Alinear las políticas de inventario del CD con la de la fábrica	Porque las políticas de inventario del CD no están de acuerdo a las de la fábrica	Mediante reuniones y simulaciones con las políticas propuestas	Fábrica y CD, sobre las políticas de inventario de productos lácteos	Líder del proyecto	N/A	ago-18	Completado

2.3.4 Descripción de las soluciones

Con el fin de garantizar la correcta implementación de las soluciones, se describe brevemente el resultado esperado de las soluciones seleccionadas a continuación:

Actualización y alineación de las políticas de inventario

La actualización de las políticas de inventario consiste básicamente en crearlas desde cero, considerando el comportamiento de la demanda, lead times, costos y la naturaleza de la vida útil de los productos, por lo cual se espera que la política seleccionada tenga bajos niveles de inventario promedio. Por otro lado, la alineación de las políticas de inventario entre la fábrica y el centro de distribución consiste en hacer que las cantidades y frecuencias de pedido realizadas por los centros de distribución mediante sus políticas de inventario, estén acorde los niveles de inventario que tenga la fábrica. A continuación, se describe las entradas, soportes y salidas esperadas:

Entradas

- Entidades
 - Demanda del centro de distribución
 - Volumen de producción
 - Lead time de producción
 - Lead time de transporte

- Restricciones
 - Capacidad de producción
 - Capacidad de Almacenamiento
 - Capacidad de Transporte
 - Vida útil de los productos
 - Especificaciones de los clientes

Soporte

- ERP de la empresa
- Visual Basic Advance de Excel (VBA)

Salidas

- Cantidades por enviar
- Frecuencia de envíos
- Cómo controlar el inventario
- Políticas de inventario alineadas entre fábrica y centro de distribución

Interfaz amigable para la distribución de productos

Esta interfaz debe ser amigable con el usuario y debe permitirle conocer las cantidades a enviar desde la fábrica a los dos centros de distribución basándose en las políticas de inventario y, además, tomando en cuenta restricciones presentes en la distribución. A continuación, se describe las entradas, soportes y salidas esperadas:

Entradas

- Entidades
 - Plan de producción semanal
 - Políticas de inventario
 - Reportes de inventario
 - Demanda real
 - Disponibilidad de carros

- Restricciones
 - Capacidad de producción
 - Capacidad de Almacenamiento
 - Capacidad de Transporte
 - Vida útil de los productos
 - Especificaciones de los clientes

Soporte

- ERP de la empresa
- Visual Basic Advance de Excel (VBA)

Salidas

- Planificación de distribución diaria
- Utilización de capacidad de las bodegas
- Cantidad de carros requeridos

2.4 Implementación

2.4.1 Consideraciones generales

Para el alcance de este proyecto, se realizó un análisis ABC de las ventas de los productos para cada centro de distribución, con el fin de enfocarse en los productos tipo A, como se muestra en las figuras 2.26 y 2.27.

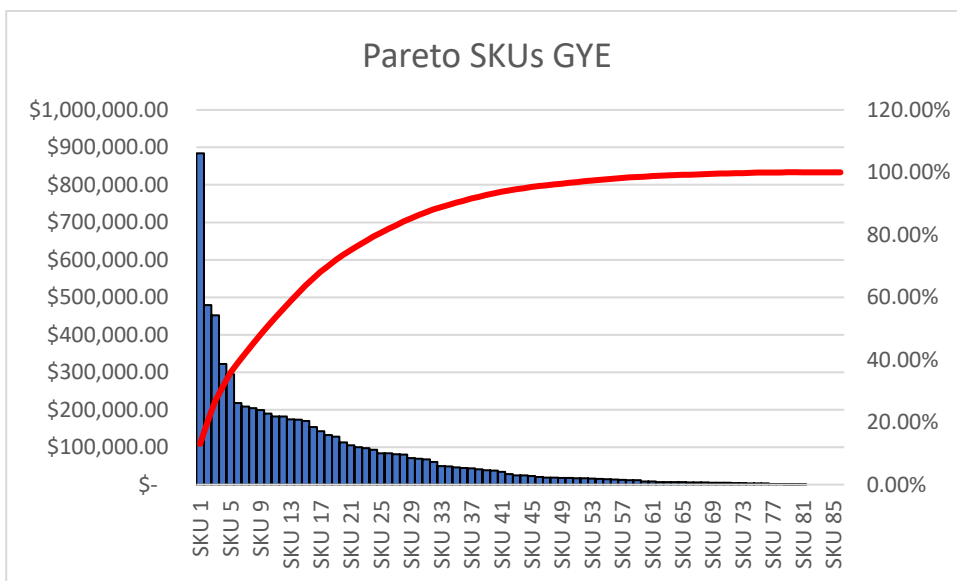


Figura 2.26 Pareto productos Centro de distribución Guayaquil

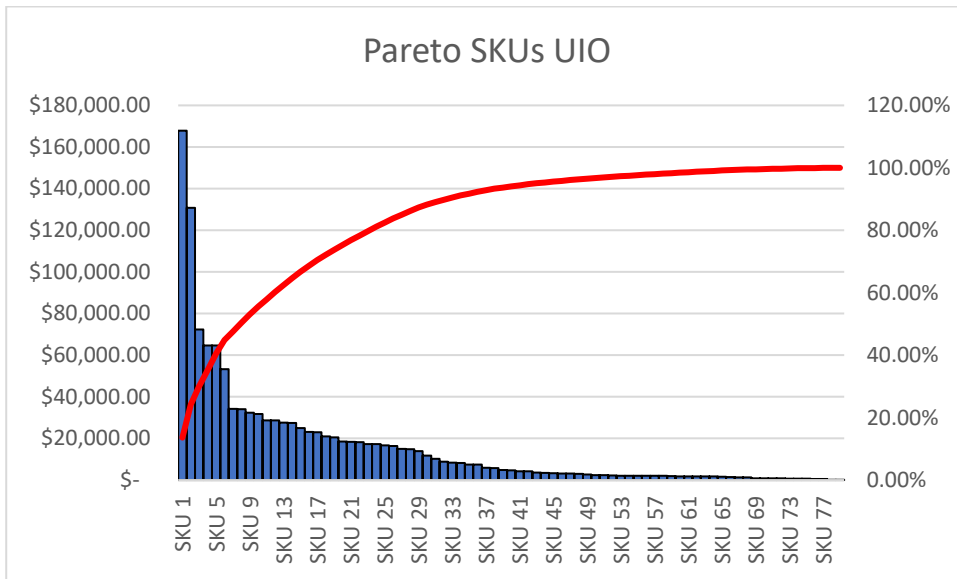


Figura 2.27 Pareto productos Centro de distribución Quito

Tratándose de productos tipo A, se esperaría que las políticas de inventario a considerarse sean para este tipo de productos, como lo son las políticas de revisión continua.

Otras consideraciones importantes que deberían estar dentro de las restricciones para las políticas de inventario, es que los productos se tratan de productos lácteos sin preservantes, por lo que tienen una vida útil de nomas de 45 días, debido a esto los clientes exigen que los productos tengan cierto tiempo de vida útil en percha como se muestra en la figura 2.28.

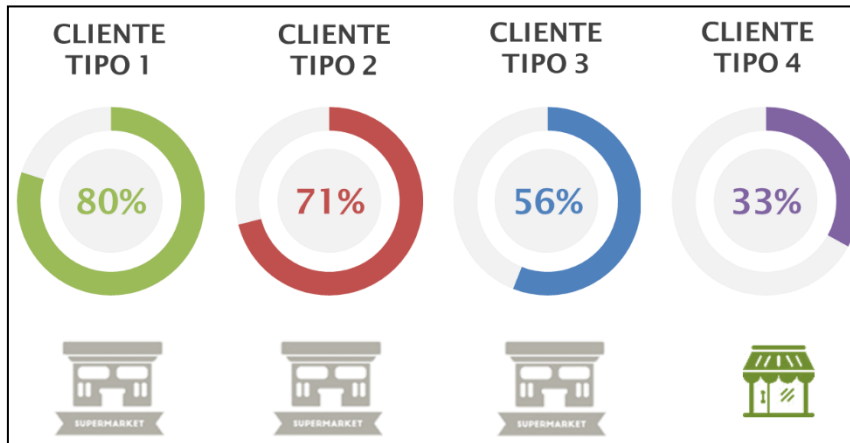


Figura 2.28 Especificaciones de los clientes sobre la vida útil de los productos

Al tener este tipo de exigencias, se esperaría que las políticas den como resultado niveles de inventario que no hagan que los productos pasen en inventario más de las fechas requeridas por el cliente, ya que, si pasan más de ese tiempo, el producto se da de baja y es una pérdida para la empresa. Debido a esto se le solicitó al planeador de producción cuáles son las coberturas de inventario máximas deseadas para que esto no suceda y se lo muestra en la figura 2.29.

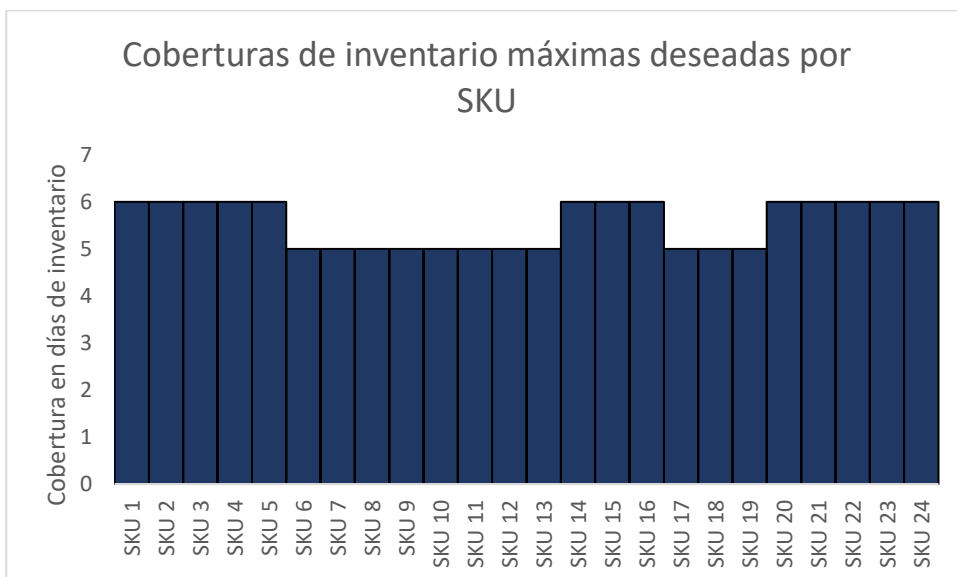


Figura 2.29 Coberturas de inventario máximas deseadas

Al tratarse de productos que tienen una alta variabilidad, debido a que están sujetos principalmente a estacionalidad, tendencia y promociones de ventas, se esperaría que las políticas de inventarios a evaluar puedan soportar estas variaciones en la demanda.

2.4.2 Desarrollo de las políticas de inventario

Tratándose de productos tipo A, se considerarán políticas de revisión continua, con inventarios de seguridad calculados con la variabilidad histórica de la demanda, puntos de reorden calculados de tal manera que haya productos en stock en el tiempo que se demore el provisionamiento.

Para poder comparar los costos asociados de ambas políticas se solicitaron los gastos de mantener inventario en la bodega de frío en los centros de distribución y los gastos de hacer un pedido a la fábrica al departamento de contabilidad. A continuación, en las tablas 2.11 y 2.12, se muestran dichos costos para ambas ciudades:

Tabla 2.11 Gastos de transporte por viaje GYE

Gastos totales de camiones y choferes mensual	\$ 7,636.58
Gastos de personal que hace el pedido mensual	\$ 800.00
Cantidad de viajes mensuales	220
Gasto por viaje	\$ 38.35

Tabla 2.12 Gastos por mantener inventario GYE

Gastos totales por bodega de frío anual	\$ 78,043.63
Número de posiciones	96
Gasto por posición anual	\$ 812.95

Para los viajes a Quito se subcontratan camiones, por lo que se tiene una tarifa por viaje que es de \$259.00. Para el gasto por mantener inventario por posición se muestra a continuación en la tabla 2.13 los datos obtenidos por el departamento de contabilidad:

Tabla 2.13 Gastos por mantener inventario UIO

Gastos totales por bodega de frío anual	\$ 163,092.03
Número de posiciones	151
Gasto por posición anual	\$ 1,080.08

Los tiempos de abastecimiento para la ciudad de Guayaquil son de un día, con el supuesto que siempre hay abastecimiento en la bodega de producto terminado de la fábrica y con la lógica de que el día de hoy se ven los resultados de los inventarios del día de ayer y se abastecen el día de hoy antes de satisfacer los pedidos de los clientes. Por otro lado, para la ciudad de Quito el tiempo de abastecimiento es de dos días.

Los datos de la demanda histórica para cada SKU utilizada fue la demanda desde febrero del 2018 a agosto del 2018, a partir de estos datos se obtuvieron los datos de promedios de la demanda, variabilidad y coeficiente de variación.

2.4.2.1 Política s,S cantidad económica de Pedido (EOQ)

Para los cálculos del nivel máximo de inventario, punto de reorden y stock de seguridad de la política s,S, se hicieron los cálculos a partir de la cantidad óptima a pedir del EOQ, como se muestra a continuación:

$$\text{Stock de Seguridad (SS)} = Z_{\alpha} \times \sigma \times \sqrt{LT} \quad (2,1)$$

$$\text{Punto de Reorden (s)} = D \times LT + SS \quad (2,2)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times A \times D}{H}} \quad (2,3)$$

$$\text{Nivel de Inventario Máximo} = \text{Punto de reorden} + Q^* \quad (2,4)$$

Una vez calculados los puntos de reorden y los niveles máximos de inventarios para cada SKU, se los insertó en una plantilla de Excel y, con la ayuda de VBA de Excel, se pudo simular la demanda real de los productos tipo A en cada centro de distribución en el periodo de febrero del 2018 a agosto del 2018. La lógica que llevaba la simulación era que, si en algún punto el inventario alcanzaba un nivel igual o menor al punto de reorden, se activaría un pedido para alcanzar el nivel máximo de inventario, considerando ventas perdidas por stockouts, como se muestra en la tabla 2.14.

Tabla 2.14 Simulación política s,S

	Demanda real	Inventario real	Inventario máximo	Punto de reorden	Desabasto	Pedidos
2018-02-01	2,144	16,075	16,524	6,207		-
2018-02-02	2,533	13,542	16,524	6,207	-	-
2018-02-03	-	13,542	16,524	6,207	-	-
2018-02-04	2,490	11,052	16,524	6,207	-	-
2018-02-05	3,955	7,097	16,524	6,207	-	-
2018-02-06	2,482	4,615	16,524	6,207	-	12,096
2018-02-07	2,404	14,307	16,524	6,207	-	-
2018-02-08	2,250	12,057	16,524	6,207	-	-
2018-02-09	2,351	9,706	16,524	6,207	-	-
2018-02-10	-	9,706	16,524	6,207	-	-

Una vez que se realizó la simulación de todos los SKU's para el mismo periodo, se obtuvieron los datos de gastos por mantener inventario, gastos por pedir, gastos de venta perdida por stockouts, así como los datos de coberturas máximas por SKU, tiempo que pasan los SKU's en promedio en los centros de distribución y cantidades en inventario promedio para luego ser comparada con las demás políticas de inventario. En la figura

2.30 se puede observar el comportamiento de los niveles de inventario con respecto al nivel de inventario máximo, punto de reorden y el stock de seguridad.

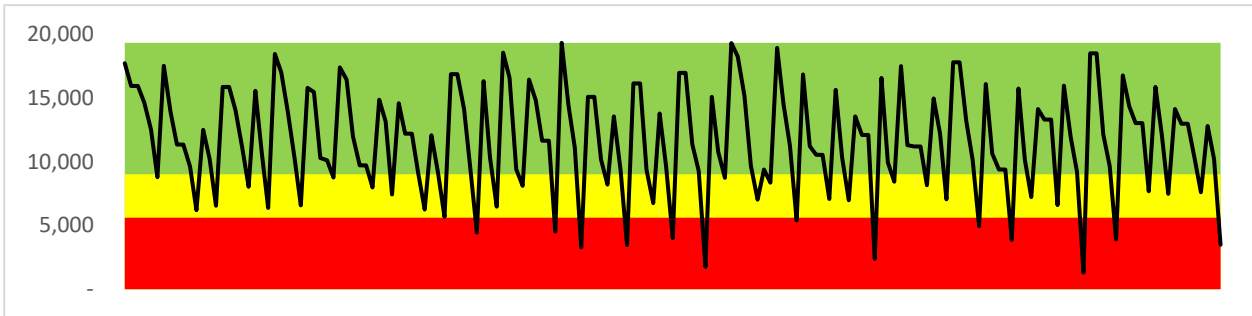


Figura 2.30 Comportamiento de los niveles de inventario con la política s,S

Se puede observar en la gráfica cómo el comportamiento de la política cubre con éxito los pedidos e inclusive se puede observar como el stock de seguridad cumple con el propósito de abastecer la demanda en caso de picos altos.

2.4.2.2 Demand Driven MRP

Uno de los inputs para la política Demand Driven MRP para el cálculo de los buffers dinámicos es el porcentaje del lead time para cada SKU, este es un dato suministrado por el planeador de producción y se muestra en la tabla 2.15.

Tabla 2.15 Porcentaje de Lead Times por SKU

Producto	%Lead time	Producto	%Lead time
SKU 1	40%	SKU 13	60%
SKU 2	30%	SKU 14	60%
SKU 3	30%	SKU 15	60%
SKU 4	30%	SKU 16	50%
SKU 5	30%	SKU 17	70%
SKU 6	40%	SKU 18	70%
SKU 7	80%	SKU 19	70%
SKU 8	100%	SKU 20	50%
SKU 9	100%	SKU 21	70%
SKU 10	60%	SKU 22	70%
SKU 11	60%	SKU 23	50%
SKU 12	60%	SKU 24	50%

Para el cálculo de los buffers dinámicos se usaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Buffer de generación de ordenes (Zona verde)} = \text{ADU} \times \% \text{LT} \times \text{DLT} \quad (2.5)$$

$$\text{Buffer de cobertura de la demanda (Zona amarilla)} = \text{ADU} \times \text{DLT} \quad (2.6)$$

$$\text{Buffer de seguridad (Zona roja)} = \text{ADU} \times \% \text{LT} \times \text{DLT} + (\text{ADU} \times \% \text{LT} \times \text{DLT}) \times \text{COV} \quad (2.7)$$

Una vez calculados los tres tipos de buffer para cada SKU, se los insertó en una plantilla de Excel, que, con la ayuda de VBA de Excel, se pudo simular la demanda real de los productos tipo A en cada centro de distribución en el periodo de febrero del 2018 a agosto del 2018. En la simulación se incluyó la estrategia que siguen los buffers dinámicos, de que a medida que pasa el tiempo, el ADU se recalcula con la nueva data de la demanda. Para la simulación realizada, el ADU se recalculaba como el promedio de los últimos 30 días desde el día simulado. En la tabla 2.16 se puede observar la lógica de la simulación, similar a la lógica de la política s,S, cuando se activa un punto de reorden, se pide hasta alcanzar el nivel de inventario máximo, es decir la zona verde.

Tabla 2.16 Simulación política Demand Driven MRP

	Demanda real	Inventario real	Zona verde	Zona amarilla	Zona roja	Inventario máximo	Punto de reorden	Desabasto	Pedidos
2018-04-01	198	8,470	1,740	2,900	2,556	7,196	5,456	-	-
2018-04-02	1,349	7,121	1,706	2,843	2,525	7,073	5,368	-	-
2018-04-03	1,925	5,196	1,719	2,865	2,526	7,110	5,391	-	3,024
2018-04-04	967	7,253	1,694	2,823	2,526	7,043	5,349	-	-
2018-04-05	4,478	2,775	1,710	2,850	2,557	7,117	5,407	-	4,536
2018-04-06	2,256	5,055	1,719	2,865	2,561	7,145	5,426	-	3,024
2018-04-07	-	8,079	1,702	2,837	2,555	7,094	5,392	-	-
2018-04-08	1,737	6,342	1,683	2,805	2,545	7,033	5,350	-	-
2018-04-09	3,690	2,652	1,702	2,837	2,555	7,094	5,392	-	4,536
2018-04-10	1,719	5,469	1,702	2,837	2,555	7,094	5,392	-	-
2018-04-11	5,729	-	1,754	2,923	2,667	7,344	5,590	260	7,560

Una vez que se obtuvo la simulación de todos los SKU para el mismo periodo, se determinaron los gastos por mantener inventario, gastos por pedir, gastos de venta perdida por stockouts, así como los datos de coberturas máximas por SKU, tiempo que pasan los SKU en promedio en los centros de distribución, cantidades en inventario promedio para luego ser comparada con las demás políticas de inventario. En la figura 2.31 se puede observar el comportamiento de los niveles de inventario con respecto al

buffer de generación de órdenes, buffer de cobertura de la demanda y el buffer de seguridad.

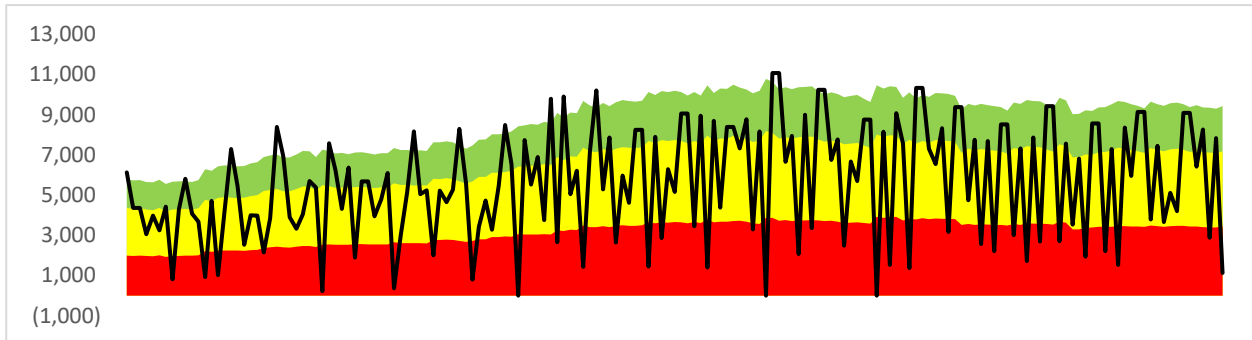


Figura 2.31 Comportamiento de los inventarios con la política Demand Driven MRP

Se puede observar claramente cómo los buffers son dinámicos a medida que pasa el tiempo. Inclusive se puede notar una tendencia de la demanda a incrementarse, ya que los buffers empiezan a crecer a medida que pasa el tiempo, por lo que se puede ver que la política se ajusta a medida que pasa el tiempo.

2.4.3 Comparación de las políticas de inventario propuestas

Para escoger cuál es la política que mejor se ajusta a las necesidades de la empresa, primero se comenzó evaluando los niveles de servicio para ver si cumplen con el objetivo de este proyecto y lo solicitado por la empresa como se puede apreciar en la figura 2.32 y 2.33, donde se puede observar que para ambas ciudades se cumplen los niveles de servicio requeridos.

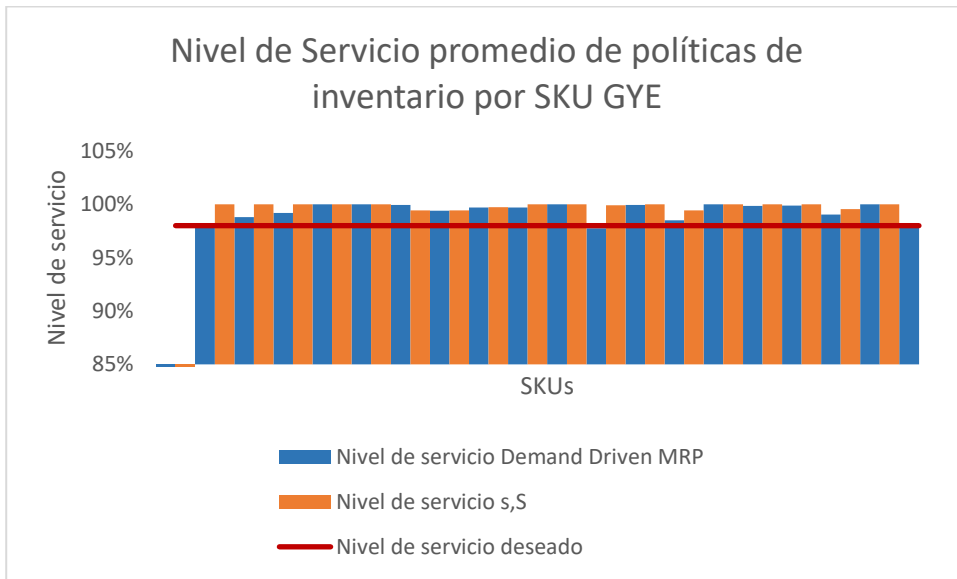


Figura 2.32 Niveles de servicio promedio GYE

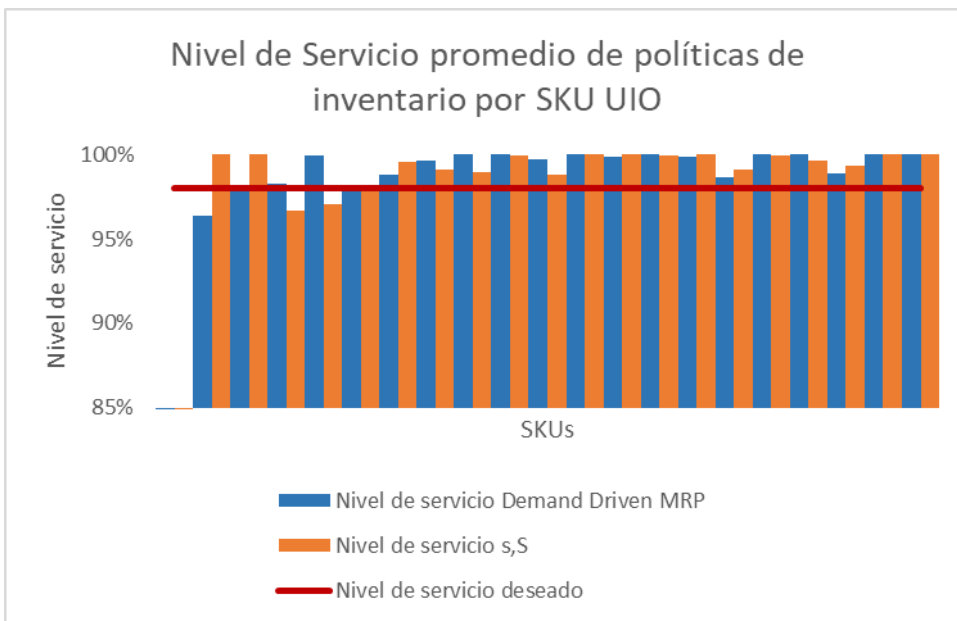


Figura 2.33 Niveles de servicio promedio UIO

La cantidad sugerida a pedir que ofrece Demand Driven es basada en demanda histórica. En casos que haya alguna promoción de ventas, alguna tendencia o algún otro evento que haga que la demanda se vea afectada, la política no la va a abastecer probablemente, por lo que en estos casos, como sucedió para el primer SKU de Quito

que hubo un nivel de servicio por debajo del requerido, habría que hacer caso omiso a la cantidad sugerida de la política y basarse en un pronóstico según la situación.

Se puede observar que el nivel de servicio de ambas políticas es bueno, hay ciertos SKU's que están por debajo del 98% requerido, pero a pesar de esto, el nivel de servicio por centro de distribución se encuentra por encima del 98%. En el caso de Guayaquil, la política s,S muestra un nivel de servicio de 99.86%, mientras la política Demand Driven MRP muestra un nivel de servicio del 99.29%. En el caso de la ciudad de Quito, no existe mucha diferencia en los niveles de servicio promedio generales, en el caso de la política s,S muestra un nivel de servicio del 99.30%, mientras en la política Demand Driven MRP se muestra un nivel de servicio del 99.29%. Habiendo mostrado esto, la política s,S muestra una ligera superioridad con respecto al nivel de servicio; sin embargo, ambas cumplen con el nivel requerido. Dado esto, se evalúan las coberturas máximas para cada SKU para ver si cumplen por lo establecido por la empresa, en la figura 2.34 se puede observar el comportamiento de las coberturas máximas para ambas políticas versus la cobertura máxima deseada por la empresa. Se puede observar claramente como la política s,S está por encima de la cobertura máxima deseada por la empresa.

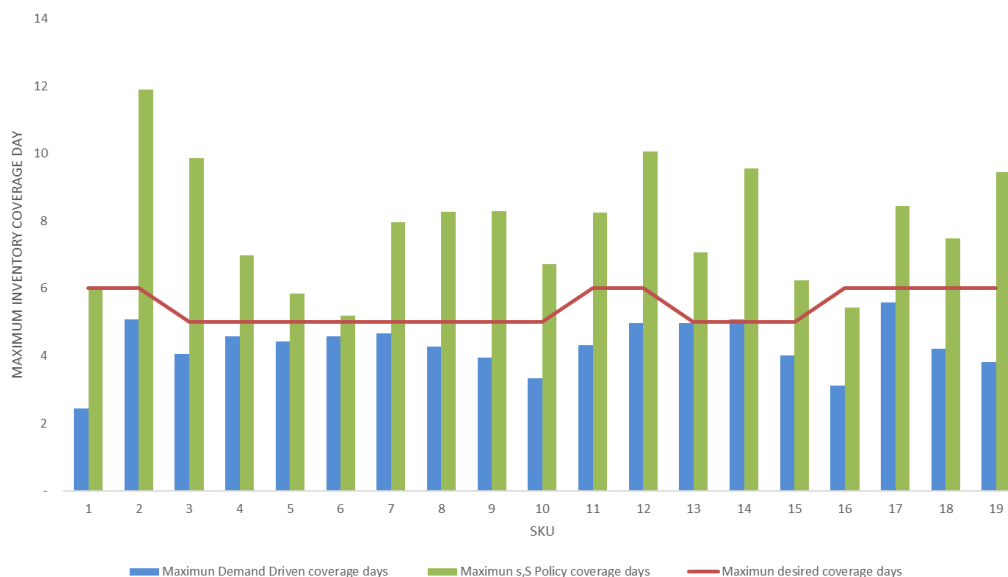


Figura 2.34 Coberturas de inventario máxima

A partir de esto, se puede concluir que la política s,S tuvo un nivel de servicio superior, pero este comportamiento es de esperarse, ya que mientras más altos los niveles de inventario, mayor tiende a ser el nivel de servicio. Dado esto, se puede concluir que la política Demand Driven es superior a la s,S, ya que maneja niveles de inventario mucho menores, cumpliendo con las especificaciones requeridas por la empresa, con un nivel de servicio por debajo de la política s,S, pero por encima del nivel de servicio requerido por la empresa. Con el fin de realizar un análisis más robusto de las políticas a usar, se hizo un comparativo de costos totales de ambas políticas como se puede observar en la figura 2.35.

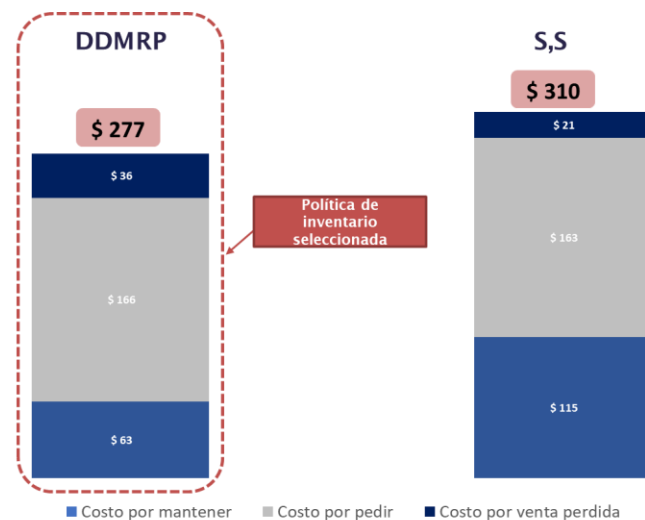


Figura 2.35 Comparativo de costos totales de las políticas de inventario propuestas

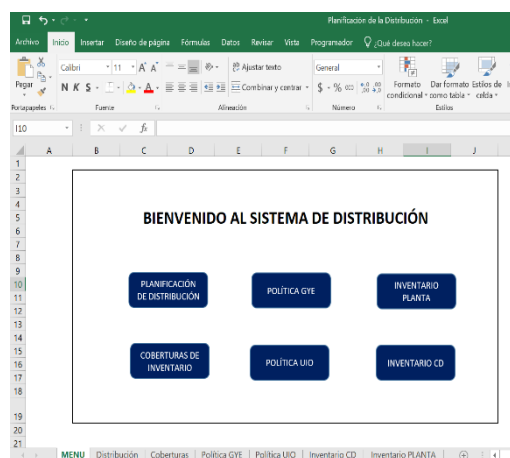
Una vez realizada la comparación de costos, se concluye que la política de inventario a escoger, que cumple con las necesidades de la empresa, es la política Demand Driven MRP, ya que esta cumple las restricciones en términos de coberturas de inventario máximas deseadas, niveles de servicio mínimos deseados y es la política que representa el menor costo entre las evaluadas.

2.4.4 Desarrollo de Interfaz para planificar la distribución

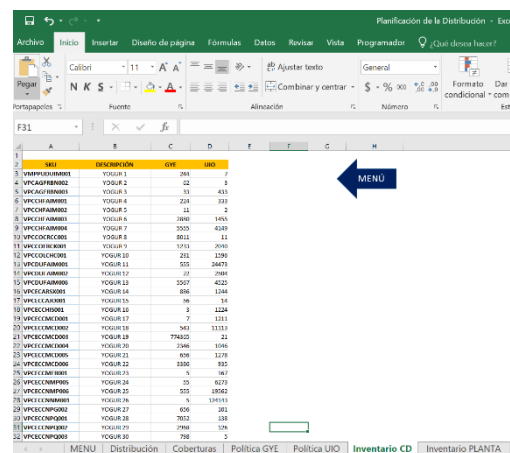
Para garantizar que las políticas de inventario implementadas sean utilizadas de forma adecuada, fue necesario crear una interfaz amigable para la planificación de la

distribución. Esta interfaz involucra las partes necesarias para tomar la decisión respecto a cantidades a enviar a cada centro de distribución, facilitando el trabajo del personal del centro de distribución que planifica la distribución y asegurando que se envíen las cantidades adecuadas a CD Guayaquil y CD Quito, acorde a la política previamente establecida. Además, brinda al usuario la posibilidad de simular el consumo de los productos y relacionarlo con la vida útil de estos, con el objetivo de modificar las cantidades a enviar en caso de requerirlo. Finalmente, se sugiere al usuario revisar cantidades a enviar en caso de existir promociones o alguna alteración de la demanda. El proceso del uso de la interfaz se detalla a continuación:

1) Abrir interfaz de planificación de distribución



2) Actualizar inventario de producto terminado de la fábrica.



3) Actualizar inventario del centro de distribución

COD. CPDS	Producto	Ítem de Contorno	INVENTARIO TOTAL
VPLCLAG022	YOGUR 1	40	205
VPLCLAG029	YOGUR 2	40	22
VPLCLAG021	YOGUR 3	40	1,222
VPLCLAG029	YOGUR 4	40	130
VPLCLAG029	YOGUR 5	40	4,030
VPLCLAG026	YOGUR 6	40	1,124
VPLCLAG024	YOGUR 7	40	14
VPLCLAG025	YOGUR 8	40	2,910
VPLCLAG023	YOGUR 9	40	4,809
VPLCLAG027	YOGUR 10	40	12,114
VPLCLAG023	YOGUR 11	40	6,085
VPLCLAG021	YOGUR 12	40	153
VPLCLAG028	YOGUR 13	40	1,072
VPLCLAG024	YOGUR 14	40	2,249
VPLCLAG029	YOGUR 15	40	4,230
VPLCLAG022	YOGUR 16	40	6,213
VPLCLAG023	YOGUR 17	40	3,087
VPLCLAG028	YOGUR 18	40	3,480
VPLCLAG020	YOGUR 19	40	2,771
VPLCLAG021	YOGUR 20	40	4,888
VPLCLAG020	YOGUR 21	40	-
VPLCLAG024	YOGUR 22	40	2,197
VPLCLAG026	YOGUR 23	40	199
VPLCLAG021	YOGUR 24	40	1,130
VPLCLAG026	YOGUR 25	40	5,070
VPLCLAG021	YOGUR 26	40	1,539
VPLCLAG021	YOGUR 27	40	1,295
VPLCLAG021	YOGUR 28	40	1,702
VPLCLAG021	YOGUR 29	40	2,247

4) Actualizar promedio y desviación de la demanda.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	%Lead time	Cobertura máxima permitida	DEMANDA PROMEDIO (Dmeses)	DESVIACIÓN	CV	Zona verde	Zona amarilla	Zona roja	Punto de reorden	Zona verde	Zona amarilla	Zona roja	Punto de reorden	Cobertura máxima	
VPLCLAF0001	YOGUR 1	40%	6	1	209	119	90%	142	333	270	625	0.4	1.0	0.8	1.4	2.1
VPLCLAF0002	YOGUR 2	30%	6	1	109	106	98%	33	109	65	174	0.3	1.0	0.6	1.6	2
VPLCLAF0003	YOGUR 3	30%	6	1	179	154	86%	54	179	100	279	0.3	1.0	0.6	1.6	2
VPLCLAF0004	YOGUR 4	30%	6	1	234	185	79%	70	234	126	360	0.3	1.0	0.5	1.5	2
VPLCLAF0005	YOGUR 5	30%	6	1	173	150	87%	52	173	97	269	0.3	1.0	0.6	1.6	2
VPLCLAF0006	YOGUR 6	40%	5	1	102	97	95%	41	102	80	182	0.4	1.0	0.8	1.8	2
VPLCLAF0007	YOGUR 7	80%	5	1	886	778	88%	769	886	1,322	2,218	0.8	1.0	1.5	2.5	3
VPLCLAF0008	YOGUR 8	80%	5	1	2017	2138	106%	1,614	2,017	3,324	5,341	0.8	1.0	1.6	2.6	3
VPLCLAF0009	YOGUR 9	100%	5	1	8119	10463	129%	6,119	8,119	18,580	28,099	1.0	1.0	2.3	3.3	4
VPLCLAF0010	YOGUR 10	60%	5	1	1842	1,797	98%	1,105	1,842	2,180	4,025	0.6	1.0	1.2	2.2	3
VPLCLAF0011	YOGUR 11	60%	5	1	89	105	123%	54	89	119	208	0.6	1.0	1.3	2.3	3
VPLCLAF0012	YOGUR 12	60%	5	1	883	679	77%	530	883	937	1,820	0.6	1.0	1.1	2.1	3
VPLCLAF0013	YOGUR 13	60%	5	1	238	199	84%	143	238	286	324	0.6	1.0	1.2	2.2	3
VPLCLAF0014	YOGUR 14	60%	6	1	101	142	140%	61	101	146	247	0.6	1.0	1.4	2.4	3
VPLCLAF0015	YOGUR 15	60%	6	1	667	523	78%	400	667	714	1,381	0.6	1.0	1.1	2.1	3
VPLCLAF0016	YOGUR 16	50%	6	1	215	217	101%	108	215	216	431	0.5	1.0	1.0	2.0	3
VPLCLAF0017	YOGUR 17	70%	5	1	183	253	139%	128	183	305	488	0.7	1.0	1.7	2.7	3
VPLCLAF0018	YOGUR 18	70%	5	1	890	678	76%	623	890	1,098	1,988	0.7	1.0	1.2	2.2	3
VPLCLAF0019	YOGUR 19	70%	5	1	405	397	98%	283	405	561	956	0.7	1.0	1.4	2.4	3
VPLCLAF0020	YOGUR 20	50%	6	1	133	136	102%	66	133	134	267	0.5	1.0	1.0	2.0	3
VPLCLAF0021	YOGUR 21	60%	6	1	110	139	126%	66	110	141	272	0.6	1.0	1.3	2.3	3
VPLCLAF0022	YOGUR 22	60%	6	1	235	242	103%	129	235	274	489	0.6	1.0	1.3	2.3	3
VPLCLAF0023	YOGUR 23	50%	6	1	70	88	126%	35	70	79	149	0.5	1.0	1.1	2.1	3
VPLCLAF0024	YOGUR 24	50%	6	1	111	125	113%	55	111	118	229	0.5	1.0	1.1	2.1	3
VPLCLAF0025	YOGUR 25	50%	6	2	9	11	119%	9	18	19	37	1.0	2.0	2.2	4.2	5
VPLCLAF0026	YOGUR 26	50%	6	3	36	45	126%	53	107	122	228	1.5	3.0	3.4	6.4	8
VPLCLAF0027	YOGUR 27	50%	6	4	38	42	112%	75	150	159	309	2.0	4.0	4.2	8.2	10

5) Verificar que los arribos planeados de productos estén considerados en el inventario del CD Quito.

2.5 Control

Una vez que ha culminado la etapa de implementación, se puede proceder a la última fase de la metodología DMAIC: Control. En esta etapa se busca crear mecanismos de control para las soluciones implementadas, con el fin de garantizar la sostenibilidad de estas a lo largo del tiempo. Para ello, se inició con una fase de entrenamiento y protección contra errores (poka-yoke), para finalmente elaborar un plan de control de las variables de interés.

Entrenamiento y Poka-Yoke

Es esta etapa se buscó capacitar al equipo de trabajo sobre las mejoras que fueron implementadas para asegurar el entendimiento de estas. En esta capacitación se dio principal enfoque a quien sería el usuario de la interfaz amigable de distribución. En la figura 2.36 se puede observar la reunión que se tuvo con el equipo de trabajo.



Figura 2.36 Capacitación sobre mejoras a equipo de trabajo

Adicional, se creó un manual de usuario de la interfaz de distribución, tal como se muestra en la figura 2.37, con el fin de garantizar su correcto uso.

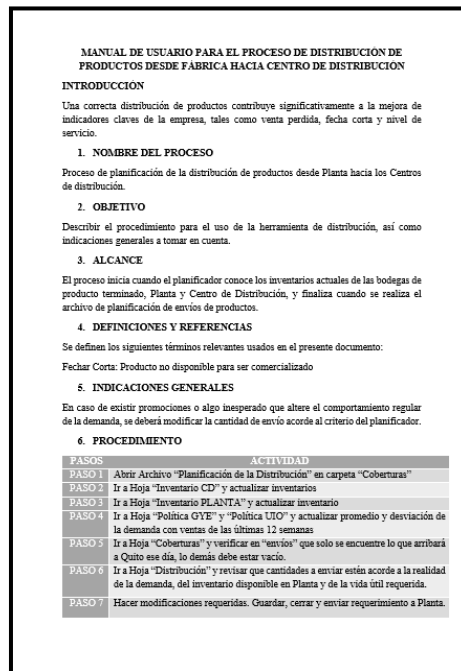


Figura 2.37 Manual de usuario de la interfaz de distribución

Plan de Control

Adicional al manual de usuario y al entrenamiento, se creó un plan de control de las variables respuesta del problema, con el fin de garantizar que se siga midiendo las ventas perdidas y los datos de baja, pues representan indicadores claves para el desempeño de la empresa, como se muestra en la tabla 2.17.

Tabla 2.17 Plan de control de venta perdida y datos de baja

CAUSA	QUÉ	CÓMO	DÓNDE	QUIÉN	CUÁNDO
Actualmente, la compañía no mide causas de venta perdida	Plantilla para registro de causas de venta perdida	Mediante el desarrollo de la plantilla con causas estandarizadas	Centro de Distribución de la Compañía, en el proceso de facturación de productos lácteos	Facturador	Diario
Actualmente, la compañía no mide causas de datos de baja	Plantilla para registro de causas de datos de baja	Mediante el desarrollo de la plantilla con causas estandarizadas	Centro de Distribución de la Compañía, en el proceso de facturación de productos lácteos	Asistente de Bodega	Diario

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para determinar el éxito del proyecto, se procede a calcular el porcentaje de venta perdida de la simulación de la política de inventario Demand Driven MRP en el periodo de febrero del 2018 a Julio del 2018 y se la comparó con el porcentaje de venta perdida real en el mismo periodo, como se puede observar en la figura 3.1, con el fin de demostrar que efectivamente la política a implementar tendrá mejores resultados que el escenario actual.

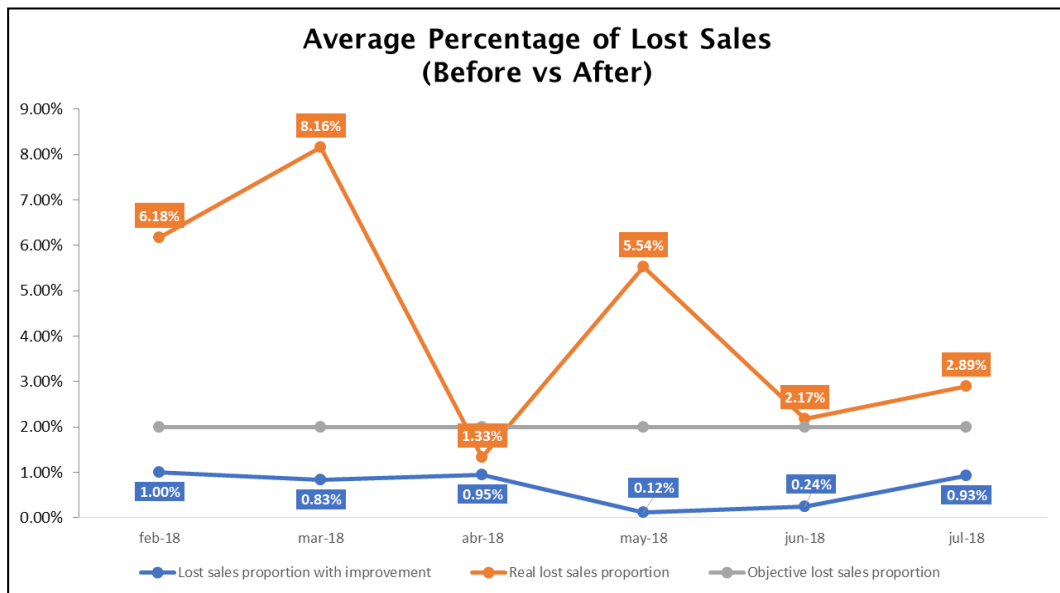


Figura 3.1 Porcentaje de ventas perdidas antes y después de la mejora

A partir de estos resultados se hizo un contraste de hipótesis con la ayuda de Minitab 17 para determinar si estadísticamente se ha reducido el porcentaje de venta perdida con la nueva política de inventario, como se puede observar en la figura 3.2.

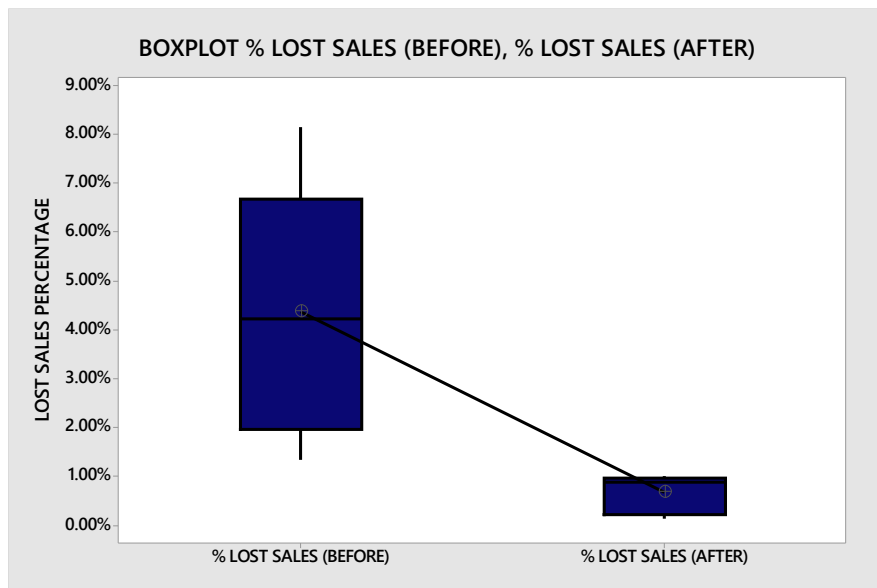


Figura 3.2 Diagrama de cajas del Porcentaje de ventas perdidas Antes y Después

El contraste de hipótesis que se realizó es el siguiente:

$$H_0 = \% \text{ ventas perdidas antes es igual al \% \text{ ventas después de la nueva política} \quad (3.1)$$

$$H_1 = \% \text{ ventas perdidas antes es mayor al \% \text{ ventas después de la nueva política} \quad (3.2)$$

Tabla 3.1 Resultados del contraste de hipótesis

Two Sample T-Test and CI: % LOST SALES (BEFORE), % LOST SALES (AFTER)				
Sample	N	Mean	St. Dev.	Mean St. Error
% LOST SALES (BEFORE)	6	0.0438	0.0266	0.011
% LOST SALES (AFTER)	6	0.00679	0.00390	0.0016
T-Value	GL	p-Value		
3.38	5	0.01		

Como se muestra en la tabla 3.1, con un valor $p=0.01$, se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede concluir que hay suficiente evidencia estadística para decir con un 95% de confianza, que el porcentaje de ventas perdidas antes de la mejora es mayor al porcentaje de ventas perdidas después de la mejora.

A partir de estos resultados, basándose en el promedio del porcentaje de ventas perdidas reales del 4.7% vs el promedio del porcentaje de ventas perdidas simuladas con la nueva política de inventario del 0.7% se calculan los beneficios esperados de un año dando un total de \$624,000 en reducción de ventas perdidas como se puede observar en la figura 3.3.

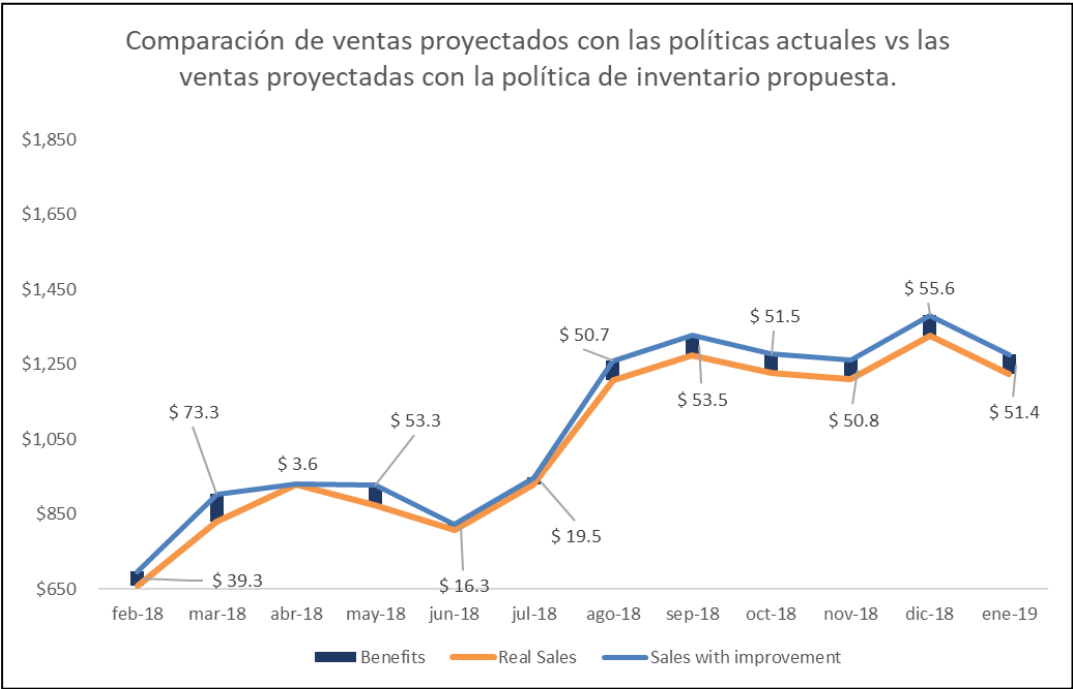


Figura 3.3 Comparación de ventas antes y después de la mejora

Otro interés de la empresa es reducir la cantidad de productos dados de baja porque ya no tienen la fecha mínima para ser comercializados. En la figura 3.4 se puede observar la cantidad de productos tipo A dados de baja a lo largo del año, se aprecia que la cantidad es mínima en relación a las ventas anuales. Se esperaría que la nueva política de inventario no tengan un efecto que empeore este indicador.

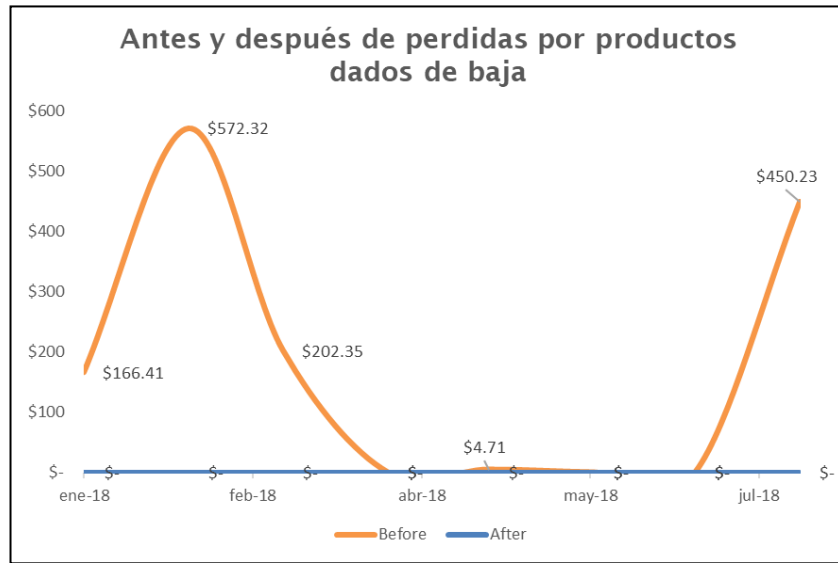


Figura 3.4 Pérdidas en productos dados de baja

Se obtuvieron los datos del tiempo de permanencia en inventario por lotes para cada SKU en la simulación como se muestra en el diagrama de cajas de la figura 3.5 donde claramente se ve la dispersión de los días en inventario para cada SKU y se observa que los productos no pasan más de 5 días en inventario con casos puntuales que llegan hasta 9 días. Debido a que un producto deja de estar apto para vender luego de 30 días en inventario, se puede concluir que no hay productos tipo A dados de baja con la política Demand Driven MRP, reduciendo la cantidad de productos tipo A dados de baja de \$1,396 en lo que va del año a \$0.

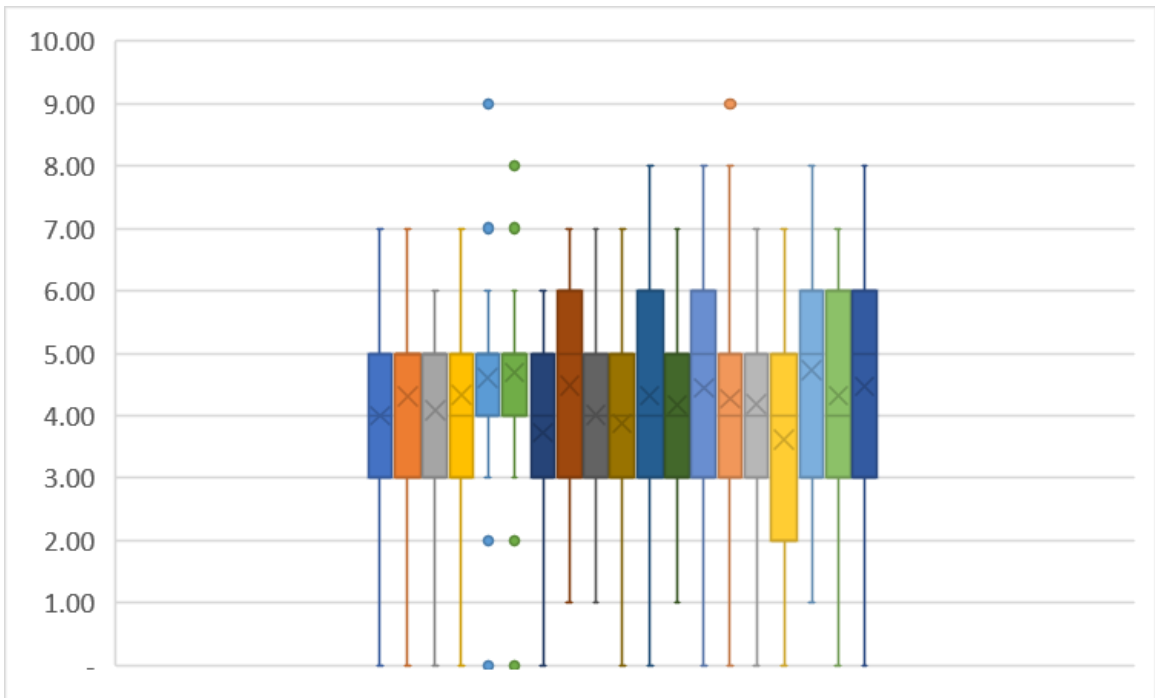


Figura 3.5 Días de estadía en inventario de lotes por SKU

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El porcentaje promedio de ventas perdidas, de febrero a julio 2018, redujo de un 4.7% a un 0.7%, alcanzando el objetivo del proyecto.
- Los beneficios proyectados de la mejora, para la simulación de febrero 2018 a enero 2019, fue una reducción en las ventas perdidas de \$624,000.
- La cobertura máxima de inventario después de la mejora con la política de inventario según metodología Demand Driven satisface la cobertura máxima requerida por la compañía para cumplir con las especificaciones de los clientes, minimizando la cantidad de productos dados de baja en los centros de distribución.
- La política de inventario según metodología Demand Driven le da claridad a la fábrica acerca de la frecuencia y cantidad requerida de productos por los centros de distribución a lo largo del tiempo, mejorando la coordinación entre departamentos.
- La interfaz amigable de distribución hará que la compañía sepa qué, dónde y cuántos productos enviar desde la fábrica a los centros de distribución.
- Las pérdidas por productos tipo "A" dados de baja se redujo de \$1.4K a \$0 con la mejora, ya que el tiempo promedio en inventario de estos está entre 3 y 6 días, cumpliendo con las especificaciones de los clientes.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendado que el plan de producción de la fábrica este alineado con la frecuencia requerida y cantidades requeridas por el Centro de distribución.
- En caso de promociones y factores estacionales revisar las cantidades sugeridas a enviar a los centros de distribución.
- Es recomendado tener el control de las causas de ventas perdidas y productos expirados.
- Es recomendado mejorar la trazabilidad de los productos a través de la compañía.

BIBLIOGRAFÍA

- Edward A. Silver, David F. Pyke, Douglas J. Thomas. (2017). Edward A. Silver, David F. Pyke, Douglas J. Thomas. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- (Carol Ptak, (2018)) Montgomery, Douglas, C. (2009). Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Frederick S. Hiller and Gerald J. Lieberman. (2010). Introduction to operations research (9th Edition). México: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Luis Gabriel Borda Ángel. (2016). Metodología Demand Driven para mejora de servicios y reducción de costos. Colombia: Universidad EAFIT.
- Zurita. (2010). Probabilidad y Estadística. Fundamentos y Aplicaciones. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Leopoldo Gutierrez-Gutierrez, Sander de Leeuw, Ruud Dubbers. (2015). Logistics services and Lean Six Sigma implementation: a case study. International Journal of Lean SixSigma, Vol. 7, 20.
- Gunjan Yadav and Tushar N. Desai. (2015). Lean Six Sigma: a categorized review of the literature. International Journal of Lean SixSigma, Vol. 7, 24.
- Revista EKOS. (2018). Industria de alimentos y bebidas: la mayor industria del país. 2018, de EKOS Sitio web: <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=10183>

ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS SIMULACIÓN GYE

SKU	Demand Driven							EOQ						
	Nivel de servicio Demand Driven MRP	Inventario máximo	Cobertura máxima	Costo por mantener	Costo por pedir	Costo por venta perdida	Costo total	Nivel de servicio s,S	Inventario máximo	Cobertura máxima	Costo por mantener	Costo por pedir	Costo por venta perdida	Costo total
SKU 1	97.85%	1,500.00	2.45	\$ 1,291.96	\$ 2,473.45	\$ 4,045.55	\$ 7,810.96	100%	3,961.43	6.39	\$ 4,273.60	\$ 2,530.97	\$ -	\$ 6,804.57
SKU 2	98.80%	900.00	5.08	\$ 450.52	\$ 738.20	\$ 1,389.82	\$ 2,578.54	100%	2,118.61	10.85	\$ 1,258.86	\$ 738.20	\$ -	\$ 1,997.06
SKU 3	99.18%	700.00	4.05	\$ 605.29	\$ 987.46	\$ 1,103.10	\$ 2,695.86	100%	1,684.83	9.37	\$ 1,656.67	\$ 958.70	\$ -	\$ 2,615.37
SKU 4	100.00%	7,683.10	4.59	\$ 2,344.71	\$ 3,269.17	\$ -	\$ 5,613.89	100%	10,742.83	6.40	\$ 3,703.43	\$ 3,202.07	\$ -	\$ 6,905.50
SKU 5	100.00%	18,148.88	4.94	\$ 5,988.95	\$ 7,449.12	\$ -	\$ 13,438.07	100%	19,170.20	5.21	\$ 6,677.97	\$ 7,410.77	\$ -	\$ 14,088.73
SKU 6	99.93%	64,117.00	5.34	\$ 12,839.52	\$ 15,971.98	\$ 619.83	\$ 29,431.33	99%	53,167.91	4.40	\$ 11,818.69	\$ 15,713.13	\$ 4,962.63	\$ 32,494.45
SKU 7	99.40%	11,079.00	4.67	\$ 1,801.33	\$ 3,365.04	\$ 1,176.32	\$ 6,342.69	99%	16,523.67	6.78	\$ 3,055.57	\$ 3,336.28	\$ 1,123.09	\$ 7,514.94
SKU 8	99.70%	927.43	4.27	\$ 1,098.04	\$ 1,533.92	\$ 455.65	\$ 3,087.61	100%	1,807.46	7.85	\$ 2,388.37	\$ 1,485.99	\$ 434.37	\$ 4,308.73
SKU 9	99.69%	7,299.00	3.95	\$ 942.46	\$ 1,476.40	\$ 612.14	\$ 3,031.00	100%	15,839.25	8.04	\$ 2,266.18	\$ 1,466.81	\$ -	\$ 3,732.99
SKU 10	100.00%	2,252.34	3.32	\$ 1,212.58	\$ 1,974.93	\$ -	\$ 3,187.50	100%	4,742.08	6.86	\$ 3,285.66	\$ 1,974.93	\$ -	\$ 5,260.59
SKU 11	97.76%	1,055.00	4.33	\$ 1,210.78	\$ 1,879.06	\$ 4,362.82	\$ 7,452.65	100%	1,942.00	7.74	\$ 2,527.19	\$ 1,859.88	\$ 161.35	\$ 4,548.42
SKU 12	99.95%	6,030.00	4.96	\$ 732.45	\$ 1,150.44	\$ 68.95	\$ 1,951.85	100%	12,290.32	9.30	\$ 1,636.18	\$ 1,140.86	\$ -	\$ 2,777.03
SKU 13	98.50%	1,986.00	4.98	\$ 2,149.20	\$ 3,163.72	\$ 4,910.40	\$ 10,223.32	99%	2,651.00	6.47	\$ 3,629.56	\$ 3,173.30	\$ 1,860.39	\$ 8,663.25
SKU 14	100.00%	7,681.73	5.09	\$ 1,019.73	\$ 1,505.16	\$ -	\$ 2,524.90	100%	13,652.09	8.62	\$ 1,928.53	\$ 1,466.81	\$ -	\$ 3,395.35
SKU 15	99.86%	3,828.23	4.02	\$ 1,979.04	\$ 3,010.33	\$ 411.74	\$ 5,401.10	100%	6,122.23	6.19	\$ 4,051.30	\$ 2,962.39	\$ -	\$ 7,013.69
SKU 16	99.87%	883.00	3.13	\$ 3,233.43	\$ 5,838.50	\$ 503.31	\$ 9,575.24	100%	1,525.74	5.28	\$ 6,816.46	\$ 5,771.39	\$ -	\$ 12,587.85
SKU 17	99.04%	1,328.00	5.58	\$ 1,457.62	\$ 1,955.75	\$ 1,936.68	\$ 5,350.05	100%	1,917.55	7.75	\$ 2,498.89	\$ 1,907.82	\$ 915.09	\$ 5,321.80
SKU 18	99.99%	2,247.89	4.20	\$ 1,240.24	\$ 1,658.55	\$ 21.38	\$ 2,920.17	100%	4,084.60	7.46	\$ 2,676.10	\$ 1,639.38	\$ -	\$ 4,315.48
SKU 19	98.07%	640.00	3.81	\$ 790.09	\$ 1,083.33	\$ 2,198.54	\$ 4,071.97	100%	1,559.59	9.24	\$ 2,049.71	\$ 1,092.92	\$ 88.59	\$ 3,231.22

ANEXO B: RESULTADOS SIMULACIÓN UIO

SKU	Demand Driven							EOQ						
	Nivel de servicio Demand Driven MRP	Inventario máximo	Cobertura máxima	Costo por mantener	Costo por pedir	Costo por venta perdida	Costo total	Nivel de servicio s,S	Inventario máximo	Cobertura máxima	Costo por mantener	Costo por pedir	Costo por venta perdida	Costo total
SKU 1	96.37%	492.87	4.42	\$ 413.68	\$ 1,692.67	\$ 3,003.31	\$ 5,109.65	94%	2,442.44	21.91	\$ 2,463.78	\$ 1,877.75	\$ 1,317.32	\$ 5,658.85
SKU 2	97.96%	226.32	4.41	\$ 146.11	\$ 1,097.17	\$ 796.44	\$ 2,039.72	100%	1,929.38	37.63	\$ 1,257.86	\$ 1,036.00	\$ 84.79	\$ 2,378.65
SKU 3	98.27%	573.90	7.41	\$ 864.73	\$ 6,774.85	\$ 2,098.60	\$ 9,738.17	92%	1,667.00	20.49	\$ 2,350.47	\$ 6,798.75	\$ 1,741.90	\$ 10,891.12
SKU 4	98.95%	656.07	5.95	\$ 1,030.71	\$ 8,187.34	\$ 2,258.49	\$ 11,476.55	100%	2,067.00	18.04	\$ 3,384.54	\$ 8,482.25	\$ 102.74	\$ 11,969.53
SKU 5	98.93%	691.53	7.84	\$ 1,010.58	\$ 8,218.34	\$ 1,795.45	\$ 11,024.37	98%	1,800.00	20.40	\$ 2,901.16	\$ 8,482.25	\$ 674.72	\$ 12,058.13
SKU 6	98.82%	100.13	5.46	\$ 104.47	\$ 791.93	\$ 187.74	\$ 1,084.14	100%	906.44	49.41	\$ 860.63	\$ 777.00	\$ -	\$ 1,637.63
SKU 7	99.61%	5,333.82	8.96	\$ 1,798.08	\$ 8,104.75	\$ 248.91	\$ 10,151.75	99%	10,391.19	17.35	\$ 3,589.92	\$ 7,575.75	\$ 914.94	\$ 12,080.61
SKU 8	100.00%	11,115.13	11.03	\$ 3,891.90	\$ 16,203.40	\$ -	\$ 20,095.30	98%	14,129.00	13.95	\$ 4,457.06	\$ 15,604.75	\$ 3,318.88	\$ 23,380.69
SKU 9	100.00%	25,785.92	12.22	\$ 5,316.95	\$ 22,296.08	\$ -	\$ 27,613.04	98%	27,149.72	12.86	\$ 5,259.36	\$ 20,979.00	\$ 3,334.38	\$ 29,572.74
SKU 10	99.67%	7,489.62	6.60	\$ 1,636.92	\$ 8,913.96	\$ 257.23	\$ 10,808.11	100%	19,116.81	16.38	\$ 3,569.46	\$ 8,611.75	\$ -	\$ 12,181.21
SKU 11	100.00%	285.27	5.01	\$ 425.23	\$ 2,478.21	\$ -	\$ 2,903.44	100%	1,487.87	26.13	\$ 1,881.02	\$ 2,331.00	\$ -	\$ 4,212.02
SKU 12	99.85%	444.37	5.20	\$ 305.57	\$ 1,829.03	\$ 45.85	\$ 2,180.45	100%	2,562.41	29.98	\$ 1,595.64	\$ 1,618.75	\$ -	\$ 3,214.39
SKU 13	100.00%	305.30	5.10	\$ 439.99	\$ 2,549.73	\$ -	\$ 2,989.73	99%	1,553.71	25.56	\$ 1,940.67	\$ 2,460.50	\$ 221.86	\$ 4,623.03
SKU 14	99.87%	277.18	4.77	\$ 192.17	\$ 1,338.49	\$ 23.24	\$ 1,553.90	100%	2,080.50	35.83	\$ 1,250.63	\$ 1,295.00	\$ -	\$ 2,545.63
SKU 15	98.67%	692.10	6.54	\$ 990.01	\$ 5,000.50	\$ 1,015.97	\$ 7,006.48	100%	2,145.13	19.96	\$ 2,860.91	\$ 4,856.25	\$ -	\$ 7,717.16
SKU 16	100.00%	516.48	5.56	\$ 374.53	\$ 2,150.59	\$ -	\$ 2,525.12	100%	2,796.21	28.89	\$ 1,757.72	\$ 2,072.00	\$ -	\$ 3,829.72
SKU 17	100.00%	558.81	6.69	\$ 770.89	\$ 4,098.57	\$ -	\$ 4,869.46	100%	1,928.08	23.07	\$ 2,435.45	\$ 4,079.25	\$ -	\$ 6,514.70
SKU 18	98.87%	498.05	6.45	\$ 333.62	\$ 1,935.34	\$ 299.00	\$ 2,567.96	100%	2,465.73	31.43	\$ 1,448.00	\$ 1,942.50	\$ -	\$ 3,390.50
SKU 19	100.00%	224.15	4.86	\$ 327.99	\$ 2,136.47	\$ -	\$ 2,464.46	100%	1,372.62	28.80	\$ 1,649.84	\$ 2,136.75	\$ -	\$ 3,786.59
SKU 20	100.00%	276.11	5.19	\$ 186.53	\$ 1,262.18	\$ -		100%	1,980.62	37.25	\$ 1,216.01	\$ 1,036.00	\$ 27.46	\$ 161,642.89