

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Mejora en el procesamiento de órdenes en el centro de distribución de una empresa productora de alimentos balanceados para ganado porcino, bovino y avícola”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

José Arturo Ambrosini Cabrera

Regina Sánchez Granja

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer primero a Dios por darme la fortaleza y perseverancia para alcanzar este objetivo. A mis Padres por su apoyo incondicional para alcanzar esta meta y ser los pilares de mi vida. A Cindy por todo su cariño, apoyo y confianza durante el desarrollo de mi carrera universitaria, a Regina por compartir conmigo el desarrollo de este proyecto y su amistad. Al Ingeniero Virgilio Pesantez por la apertura y disposición para el desarrollo y ejecución del proyecto.

José Ambrosini C.

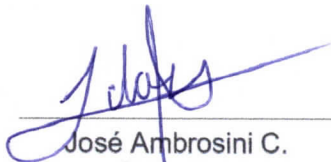
## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios quien me ha guiado y dado la fortaleza para cumplir esta meta. A mis padres y hermanos quienes han sido el apoyo incondicional y pilar fundamental en mi vida. A José quien no solo fue un excelente compañero de proyecto sino también un gran amigo. A todos mis compañeros de la carrera. A los profesores que nos compartieron sus conocimientos en cada clase, en especial a la M.Sc. María Laura Retamales quien nos guio durante todo el proyecto. A Gustavo quien me apoyó todos estos años y nunca permitió que me rindiera. Al Ingeniero William Sánchez por la apertura y apoyo en el desarrollo del proyecto.

Regina Sánchez G.


## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *José Arturo Ambrosini Cabrera y Regina Sánchez Granja* 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"



---

José Ambrosini C.  
Autor 1



---

Regina Sánchez G.  
Autor 2

## EVALUADORES



**Jorge Fernando Abad Moran, M.Sc.**

PROFESOR DE LA MATERIA



**María Laura Retamales García, M.Sc.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo disminuir el tiempo de procesar una orden desde que es ingresada en la plataforma web de la empresa hasta que esta es cargada para ser despachada, mediante la implementación de un modelo de gestión colaborativa de inventario VMI. Se aplicó la metodología DMAIC para el desarrollo del proyecto. En la primera etapa se identificaron las métricas críticas para la calidad en el procesamiento de pedidos, se logró identificar que la variable crítica para medir el proyecto sería el tiempo de ciclo de procesar un pedido. En la etapa de medición se levantó un plan de colección de datos que permitiría entender mejor el problema en el que se enfoca este proyecto. Durante la etapa de análisis se realizó la identificación de causas con los involucrados y por medio de la aplicación de la herramienta 5 porqués se obtuvieron tres causas raíz. En la etapa de mejora se realizaron propuestas de mejora que solucionan las causas raíz. Para la etapa de implementación y control, se realizó el planteamiento de la mejora y la simulación de la situación posterior a la implementación. Se obtuvo una reducción en el tiempo de ciclo de procesar un pedido de 8.30 horas a 4.27 horas, lo que representa un ahorro logístico total de \$14,995.50 anuales por consolidación de carga. Adicionalmente, se obtuvo un beneficio de reducción de horas extras lo que representa un ahorro de \$14,449.71 anuales. Finalmente se estableció un plan de control para asegurar la sostenibilidad del proyecto en el tiempo.

**Palabras Clave:** VMI, distribución, inventario, pedido sugerido

## **ABSTRACT**

*The objective of this project was to reduce the order processing cycle time from order placement in the company's platform until it is prepared to be dispatched, through the implementation of an inventory collaborative management VMI. This project was developed using DMAIC methodology. In the first phase critical to quality metrics were identified in the order processing process and the order processing cycle time was defined as the response variable of the project. In the measurement phase a data collection plan was developed to help understand the problem in which this project if focused. During analysis phase, a cause analysis was done with the people involved in the process and through the application of 5 why's tool, three root causes. In the improvement phase, solutions were defined for each root cause. For the implementation and control phase, the aspects of the implementation of the proposed solution were defined and a simulation was developed. As a result, a reduction of the order processing cycle time was obtained from 8.30 hours to 4.27 hours, which represents a saving of \$14, 995.50 annually due to consolidation. Furthermore, a reduction in logistics department overtime of \$14,449.71 annually. Finally, a control plan was developed to assure the sustainability of the project in time.*

**Keywords:** *VMI, distribution, stock, suggested order quantity*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Cronograma del Proyecto.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
CAPÍTULO 2.....	6
2. Metodología .....	6
2.1 Definición.....	6
2.2 Medición .....	11
2.2.1 Mapeo del proceso .....	11
2.2.2 Estratificación del problema.....	12
2.2.3 Plan de recolección de datos.....	13
2.2.4 Validación de datos.....	15
2.2.5 Análisis de capacidad .....	16
2.3 Análisis .....	18
2.3.1 Generación de causas potenciales.....	18



2.3.2	Plan de verificación de causas.....	21
2.3.3	Análisis de causa raíz .....	24
2.4	Mejora .....	27
2.4.1	Generación de propuestas de mejora.....	27
2.4.2	Desarrollo del Modelo .....	30
2.4.3	Simulación .....	35
2.5	Control.....	37
CAPÍTULO 3.....		39
3.	Resultados y análisis.....	39
3.1	Resultados .....	39
3.2	Análisis Económico .....	41
3.2.1	Análisis de costos .....	41
3.2.2	Análisis de beneficios .....	41
3.2.3	Relación beneficio costo .....	42
CAPÍTULO 4.....		44
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	44
4.1	Conclusiones.....	44
4.2	Recomendaciones.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....		45

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Definition, Measure, Analysis, Improve, Control
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Client
VOC	Voice of Customer
CTQ	Critical to quality
AV	Agrega valor
NAV	No agrega valor
NAVN	No agrega valor, pero es necesaria
VSM	Value Stream Map
LSC	Límite superior de control
LIC	Límite inferior de control
LSE	Límite superior de especificación
LIE	Límite inferior de especificación
SKU	Stock keeping unit
VMI	Vendor managed inventory
MTS	Make to stock
MTO	Make to order
SAP	Systeme Anwendungen und Produkte

## **SIMBOLOGÍA**

kg	Kilogramo
h	Hora
ton	Tonelada
min	Minuto

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Flujo de pedidos MTS.....	1
Figura 1.2 Tiempo de procesamiento de un pedido .....	2
Figura 1.3 Cronograma del proyecto .....	3
Figura 2.1 Diagrama SIPOC.....	6
Figura 2.2 Voz del cliente .....	7
Figura 2.3 Árbol crítico para la calidad .....	8
Figura 2.4 Matriz de priorización de CTQ's .....	9
Figura 2.5 Tiempo de ciclo del procesamiento de órdenes .....	10
Figura 2.6 VSM del proceso actual.....	11
Figura 2.7 Diagrama de Pareto: estratificación del problema.....	12
Figura 2.8 Tiempo de procesamiento de pedidos: problema enfocado .....	13
Figura 2.9 Análisis de varianza.....	15
Figura 2.10 Prueba de diferencia de medias .....	16
Figura 2.11 Carta de control X-R del tiempo de ciclo de procesamiento.....	17
Figura 2.12 Análisis de capacidad de variable de respuesta.....	17
Figura 2.13 Generación de causas con equipo de trabajo y usuarios interesados.....	18
Figura 2.14 Elaboración, calificación y análisis de causas .....	19
Figura 2.15 Diagrama Ishikawa .....	19
Figura 2.16 Prueba ANOVA: Primera Causa.....	22
Figura 2.17 Prueba ANOVA: Segunda Causa.....	23
Figura 2.18 Prueba ANOVA: Tercera Causa.....	24
Figura 2.19 Soluciones potenciales.....	27
Figura 2.20 Cronograma de implementación de Mejora.....	30
Figura 2.21 Algoritmo de Croston para pronóstico de demanda intermitente.....	32
Figura 2.22 Algoritmo para determinar pedido sugerido por cliente y producto.....	32
Figura 2.23 Clasificación de rutas .....	33
Figura 2.24 Pantalla de aprobación de órdenes para comercial.....	35
Figura 2.25 Pantalla de distribución semanal de pedidos .....	35
Figura 3.1 Tiempo de procesamiento de un pedido .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tiempo de procesamiento de un pedido.....	10
Tabla 2.2 Plan de recolección de datos.....	14
Tabla 2.3 Tamaño de muestra.....	15
Tabla 2.4 Matriz Causa- Efecto .....	20
Tabla 2.5 Plan de verificación de causas .....	21
Tabla 2.6 5 Porqués, Tamaño de Pedidos no coincide con capacidad de camiones ....	25
Tabla 2.7 5 Porqués, Ingreso de ordenes adicionales no planificadas .....	26
Tabla 2.8 Análisis de costos de las soluciones.....	28
Tabla 2.9 Priorización final de soluciones .....	28
Tabla 2.10 Plan de implementación .....	29
Tabla 2.11 Cronograma de rutas.....	33
Tabla 2.12 Pedido sugerido por cliente – Semana 39 .....	36
Tabla 2.13 Plan de control.....	37
Tabla 2.14 Plan de acción .....	38
Tabla 3.1 Costo de procesar un pedido.....	40
Tabla 3.2 Sobretiempo en el departamento logística. ....	40
Tabla 3.3 Emisiones de dióxido de carbono. ....	40
Tabla 3.4 Análisis de costos del proyecto.....	41
Tabla 3.5 Análisis de beneficios por consolidación de carga.....	42
Tabla 3.6 Análisis de beneficio por la reducción de horas extras en logística. ....	42

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

El presente proyecto se desarrolló en una empresa ecuatoriana productora y comercializadora de alimentos balanceados para ganado porcino, bovino y avícola a nivel nacional.

La empresa cuenta con una planta productora y un centro de distribución ubicados en la ciudad de Guayaquil desde la cual se realiza la distribución del balanceado con una cobertura en todo el territorio ecuatoriano, es decir, en las regiones Costa, Sierra y Amazonía. Todo lo fabricado en la planta de producción pasa a ser almacenado en el centro de distribución para posteriormente ser despachado a distribuidores zonales estratégicos en las diferentes regiones del país o directamente al cliente.

El proyecto se desarrolló en todas las áreas administrativas y operativas de la compañía involucradas en el procesamiento y liberación de un pedido. El procesamiento de un pedido en la empresa inicia con su recepción en el departamento comercial mediante la plataforma web de la compañía, en la cual, los clientes ingresan sus pedidos. Una vez receptado, el pedido pasa al departamento financiero, en el cual, se aprueba el crédito al cliente. Finalmente, el pedido se dirige al departamento logístico, el cual se encarga del alistamiento, recolección y despacho del pedido en el centro de distribución. El proceso descrito para el procesamiento de un pedido se puede visualizar en la figura 1.1.



**Figura 1.1 Flujo de pedidos MTS**

Actualmente, el tiempo promedio del procesamiento de una orden es de 8.30 horas, desde que el cliente ingresa el pedido en la plataforma web hasta su despacho en el centro de distribución, el cual se encuentra muy elevado en relación a las

especificaciones técnicas esperadas por la organización de 6.45 horas para procesar un pedido en promedio. El comportamiento del tiempo de procesamiento de un pedido en la organización desde enero del 2019 hasta octubre del 2019 se observa en la figura 1.2.

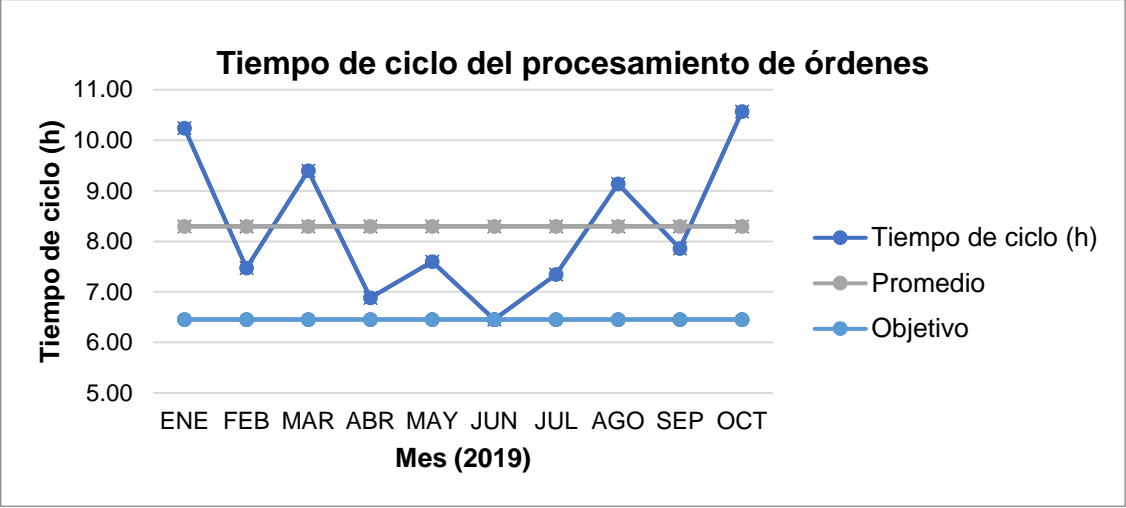


Figura 1.2 Tiempo de procesamiento de un pedido

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

- Reducir el tiempo promedio de procesamiento de un pedido en un 12% para finales de enero del 2020.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Medir los tiempos de procesamiento de un pedido por departamento, para comprender el comportamiento del tiempo total del procesamiento del pedido.
- Analizar el comportamiento del pedido en función de los diferentes tamaños de órdenes que posee la organización.
- Identificar e implementar mejoras en el procesamiento de pedidos para reducir su tiempo de ejecución desde su recepción hasta su despacho.
- Definir y evaluar indicadores de sostenibilidad en el proceso de atención de pedidos.

### 1.3 Cronograma del Proyecto

Para asegurar la correcta ejecución del proyecto se desarrolló un cronograma de trabajo con plazos para todas las actividades por cada etapa de la metodología implementada para el desarrollo del proyecto que se muestra en la figura 1.3.

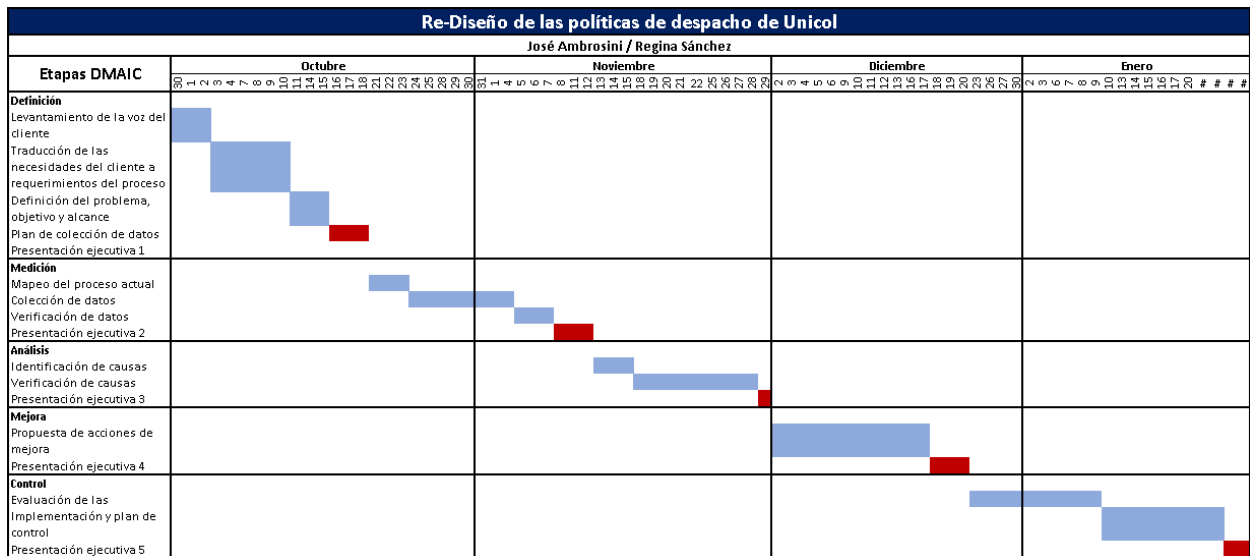


Figura 1.3 Cronograma del proyecto

### 1.4 Marco teórico

#### Metodología Six Sigma - DMAIC

La metodología Six Sigma es un proceso estructurado de mejora continua para la resolución de problemas que reúne una variedad de herramientas organizadas a través de la estructura DMAIC (Oláh, 2016). Sigma es la letra del alfabeto griego utilizada para representar la desviación estándar y el nivel sigma representa el desempeño de los procesos con respecto a su variación. Para alcanzar el nivel Seis Sigma se desarrollan proyectos siguiendo la estructura DMAIC acrónimo para representar las cinco etapas de este proceso.

La primera etapa es Definir en la cual se identifica la oportunidad de mejora considerando los requerimientos del cliente y a través de un árbol de características críticas para la calidad (CTQ Tree) se establece la variable de respuesta. Una vez definida la variable de respuesta se procede a definir el problema y el objetivo del proyecto.

Luego en la etapa de Medición se miden las variables necesarias para entender el problema y se levanta el proceso actual por medio de diagramas entre los cuales se encuentran: diagramas de flujo funcional, VSM y diagramas de proceso. En esta etapa se realiza la validación de las fuentes de información para asegurar el uso de datos



confiables. Adicionalmente, se mide la capacidad del proceso actual, el cual permitirá identificar el impacto de las mejoras planteadas.

En la etapa de Análisis se identifican las causas potenciales a través del uso del diagrama de Ishikawa o espina de pescado, estas son validadas utilizando herramientas estadísticas y a partir de aquellas que impactan en la variable de respuesta definida en la primera etapa se realiza un análisis de 5 porqués para obtener las causas raíces.

Posteriormente, en la etapa de Mejora se plantean soluciones para las causas raíces y se seleccionan aquellas con el mayor impacto y el menor costo de implementar. Finalmente, la etapa de control cuyo objetivo es asegurar la sostenibilidad de las soluciones se elabora un plan de control (Montgomery, 2009).

### **SIPOC**

Su nombre hace referencia a sus cinco componentes Supplier (Proveedor), Input (Entrada), Process (Proceso), Output (Salida) y Customer (Cliente). El SIPOC es una herramienta de alto nivel para mapear procesos que permite al usuario tener una mejor perspectiva del proceso y sus elementos más básicos. Los *proveedores* son quienes abastecen con material, información o cualquier otro elemento que sea incluido en el proceso, los cuales son considerados como *entradas* del proceso. El *proceso* es el conjunto de pasos necesarios para desarrollar una actividad, del cual se obtiene una *salida* el cual puede ser un producto, servicio o información que será entregado ya sea un cliente interno o a un cliente externo (Montgomery, 2009).

### **VOC**

*Voice of Customer* cuya traducción es Voz del Cliente, hace referencia al método para obtener las necesidades del cliente, las cuales determinan las especificaciones de un producto o servicio (Zhan, 2016). Este método consta de tres pasos importantes: obtención de información, análisis y finalmente la toma de decisiones. El objetivo principal es aumentar la satisfacción de los clientes.

### **VMI**

Administración del inventario por parte del proveedor, por sus siglas en inglés *Vendor Management Inventory*, es un sistema colaborativo entre un proveedor y sus clientes en el cual, el proveedor se compromete a administrar el inventario de sus clientes, incluyendo el gasto por incurrir en desabastos o excesos de stock en bodega, asegurando reducir sus niveles de inventario cumpliendo con sus ventas diarias. Para ello, los clientes ofrecerán al proveedor información diaria de su nivel de inventario y su venta real, de tal manera que el proveedor pueda programar adecuadamente los puntos

de reposición de cada cliente y para cada producto que este maneje de la cartera de productos de su proveedor (Claassen, 2008).

### **Planificación de distribución**

La planificación de distribución es una metodología para realizar la actividad logística de una cadena de suministro. Esta metodología consiste en, a partir de modelos de programación u optimización, definir la distribución logística óptima que asegure el menor costo posible de transporte y distribución, considerando factores como las rutas de despacho o la disponibilidad de flota para la distribución (Miglionico, 2019).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Definición

Para iniciar el desarrollo del proyecto, se desarrolló la primera etapa de la metodología DMAIC, es decir, la etapa de definición del problema. Para el desarrollo de esta etapa se inició con un análisis de la situación actual de proceso, luego por un levantamiento de la voz del cliente para finalmente definir el problema.

Para obtener un mejor entendimiento del procesamiento de un pedido, se identificaron los principales procesos involucrados y se desarrolló un diagrama SIPOC como se muestra en la figura 2.1. Mediante esta herramienta se logró identificar los diferentes clientes y proveedores que participan en el proceso de atención de los pedidos, así como sus entradas y salidas. Además, a través de esta herramienta, se definió claramente el alcance del objetivo, es decir, el inicio y fin del procesamiento de un pedido en la compañía. El procesamiento de un pedido va desde el registro de un pedido, por parte del cliente, en la plataforma web de la compañía hasta el despacho y salida del camión con mercadería por la garita del centro de distribución.

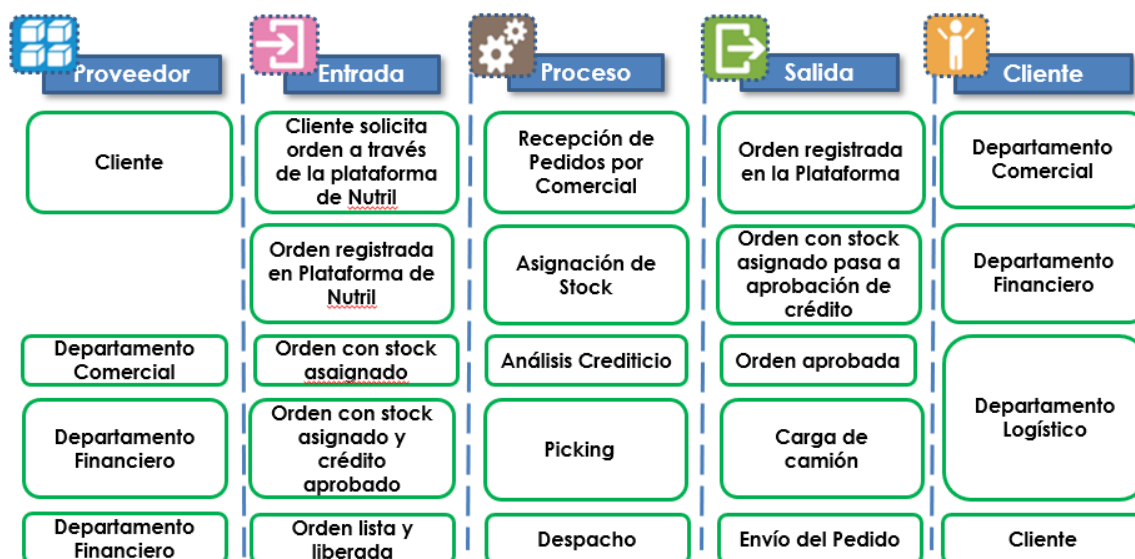


Figura 2.1 Diagrama SIPOC

Una vez identificados claramente los usuarios interesados e involucrados en el procesamiento de pedidos y el alcance del proceso, se procedió a realizar un levantamiento de la voz del cliente, mediante la cual, se buscó identificar todas las necesidades de cada uno de los involucrados en el proceso. Para ello, se llevó a cabo una visita a todas las diferentes áreas de la compañía involucradas con el procesamiento de un pedido, se conversó con los usuarios que participan en el proceso y se levantaron sus necesidades como se puede observar en la figura 2.2.



**Figura 2.2 Voz del cliente**

Entre los principales requerimientos y necesidades identificadas en los diferentes departamentos involucrados en el procesamiento del pedido fueron:

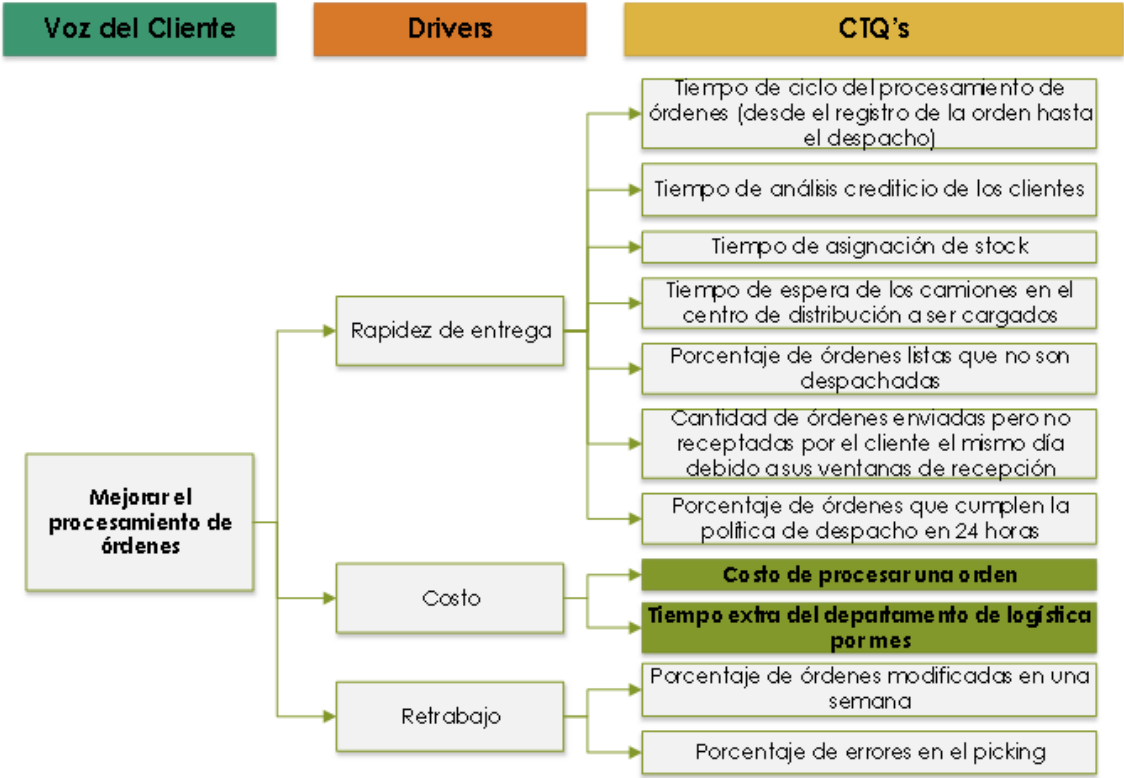
- Reducir cambios en la cantidad de los pedidos luego de registrados.
- Reducir el tiempo de aprobación y liberación de un pedido.
- Cumplimiento con la política de despacho de 24 horas de envío.
- Reducir tiempo de espera de los camiones desde su ingreso hasta su salida con carga.
- Minimizar las horas extras del departamento.
- Asegurar que los pedidos coincidan con la capacidad de los camiones para mejorar el proceso de despacho.

Una vez establecidas las necesidades del cliente, se prosiguió a transformar estas necesidades y requerimientos en métricas medibles y cuantificables. Para ello, se desarrolló el árbol crítico de la calidad como se puede observar en la figura 2.3. Esta

herramienta permite convertir la voz del cliente, no específica y difícil de cuantificar en variables, específicas y fáciles de cuantificar.

Estas métricas se observan en la columna de las “CTQ’s” o variables críticas para la calidad. Para su determinación, se realizó uso de “drivers” o impulsores mediante los cuales el cliente evalúa la calidad del servicio y se pudo transformar la voz del cliente en variables medibles. Los impulsores seleccionados para lograr esta transformación fueron: rapidez de entrega, costo y retrabajo.

Además, como valor agregado para el proyecto, se definieron variables críticas, como se puede observar con color verde en la figura 2.3, que respondan a los pilares económico, social y ambiental de la triple línea de base del Desarrollo Sostenible.



**Figura 2.3 Árbol crítico para la calidad**

Luego de identificadas todas las posibles métricas primarias para el proyecto mediante el árbol de variables críticas para la calidad, se realizó una priorización de todas las métricas identificadas en conjunto con la gerencia de operaciones y los usuarios interesados de la compañía en el procesamiento de un pedido. Para realizar la priorización, se consideró el impacto en la compañía y la urgencia de su medición para

cada métrica. En la figura 2.4 se observa la priorización realizada y se determina que la métrica primaria seleccionada como variable de respuesta para el proyecto es el tiempo de ciclo del procesamiento de un pedido en la compañía.



**Figura 2.4 Matriz de priorización de CTQ's**

El tiempo de ciclo del procesamiento de un pedido en la compañía posee los siguientes componentes:

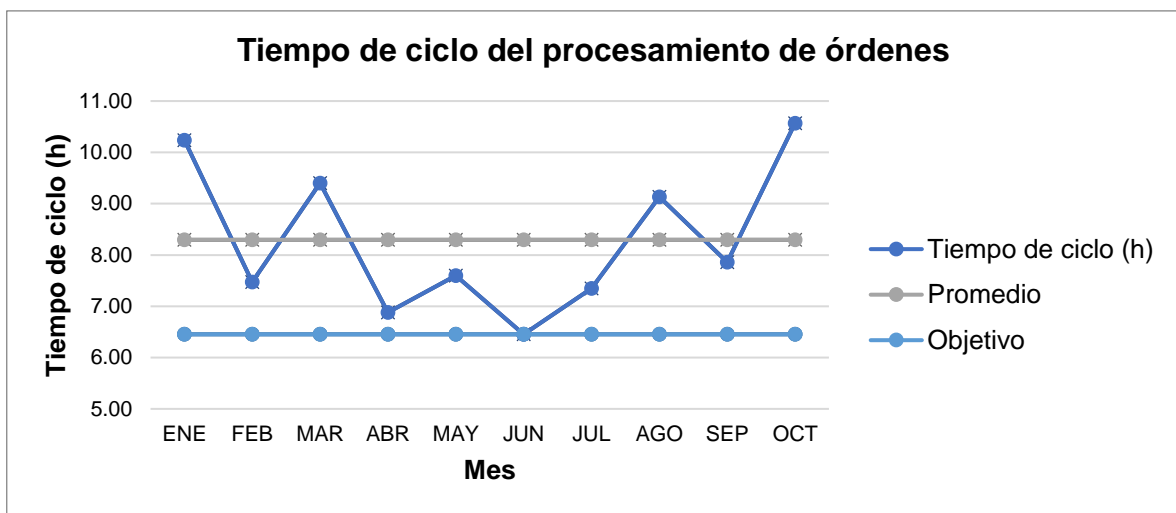
- Tiempo de aprobación comercial
- Análisis crediticio y tiempo de validación en SAP
- Tiempo desde la validación en SAP hasta ingreso del camión
- Tiempo desde la entrada hasta báscula
- Tiempo de pesaje en báscula del camión sin carga.
- Tiempo de preparación de pedido y carga del camión.
- Tiempo de facturación
- Tiempo de pesaje en báscula del camión con carga.

Una vez seleccionada la variable respuesta para el proyecto. Se prosiguió a realizar la definición formal del problema. Para ello, primero se realizó un análisis del comportamiento del tiempo de procesamiento de un pedido en la compañía desde enero a octubre del 2019.

**Tabla 2.1 Tiempo de procesamiento de un pedido**

Tiempo de Procesamiento de un Pedido			
Mes	Tiempo Promedio (horas)	Promedio (horas)	Benchmark (horas)
ENERO	10.24	8.30	6.45
FEBRERO	7.47	8.30	6.45
MARZO	9.40	8.30	6.45
ABRIL	6.88	8.30	6.45
MAYO	7.60	8.30	6.45
JUNIO	6.45	8.30	6.45
JULIO	7.35	8.30	6.45
AGOSTO	9.14	8.30	6.45
SEPTIEMBRE	7.86	8.30	6.45
OCTUBRE	10.57	8.30	6.45

En la tabla 2.1 se presenta el tiempo promedio mensual del procesamiento de un pedido de 8.30 horas en el 2019 obtenido a partir de la base de datos de la compañía y el objetivo esperado por la compañía de 6.45 horas. Con esta información, se elaboró una serie de tiempo para observar el comportamiento del tiempo de procesar un pedido a lo largo del 2019 como se muestra en la figura 2.5.



**Figura 2.5 Tiempo de ciclo del procesamiento de órdenes**

Finalmente, mediante la elaboración de la serie de tiempo del tiempo de procesamiento de un pedido y la data obtenida en la figura 2.5 se procedió a realizar la definición formal del problema:

*Desde enero del 2019, el tiempo de ciclo de procesar una orden, desde su registro en la plataforma por el cliente hasta el despacho en el centro de distribución de la compañía,*

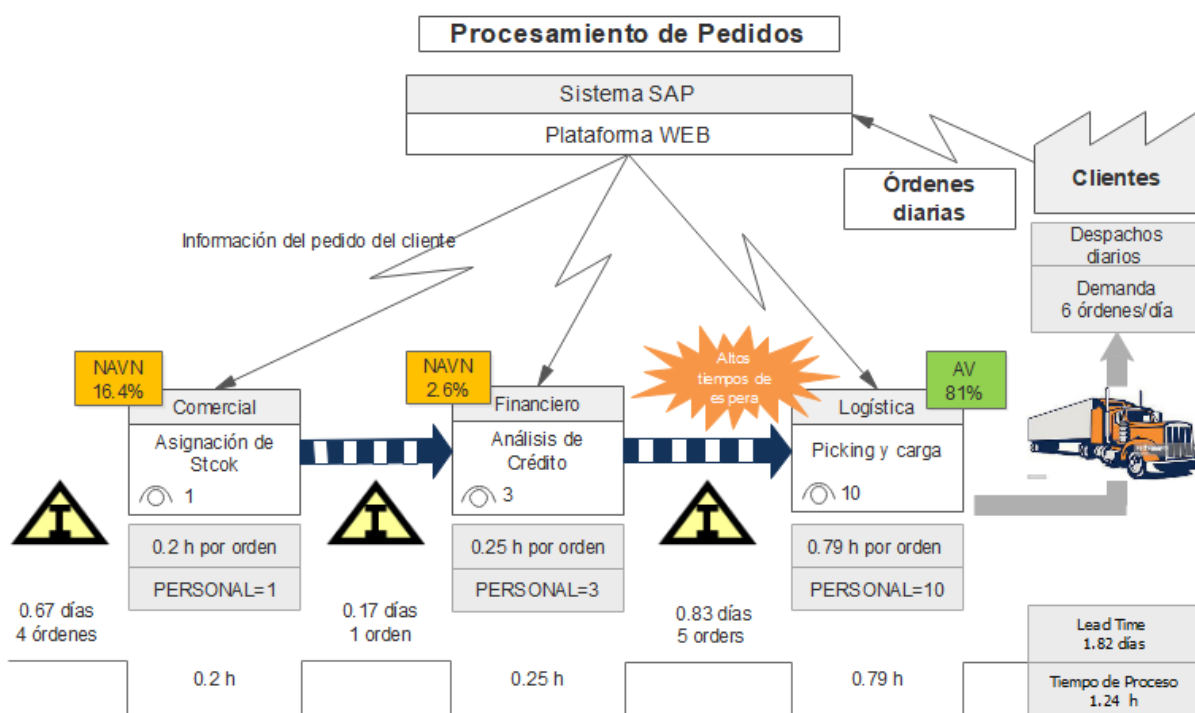
ha alcanzado un promedio de 8.30 horas excediendo la expectativa de la compañía de 6.45 horas para procesar una orden.

## 2.2 Medición

Una vez definida claramente la oportunidad de mejora, el objetivo y el alcance del proyecto, se procedió a levantar información para entender el proceso actual y diagramarlo, se realizó la estratificación del problema, así como el desarrollo de un plan de recolección de datos y la validación de los mismos para posteriormente medir la capacidad del proceso.

### 2.2.1 Mapeo del proceso

Se realizó un estudio de tiempos para las actividades desarrolladas en los diferentes departamentos para obtener el tiempo efectivo de procesamiento de un pedido. A partir de la información levantada se desarrolló un mapa de flujo de valor (VSM) que se muestra en la figura 2.6.



**Figura 2.6 VSM del proceso actual**

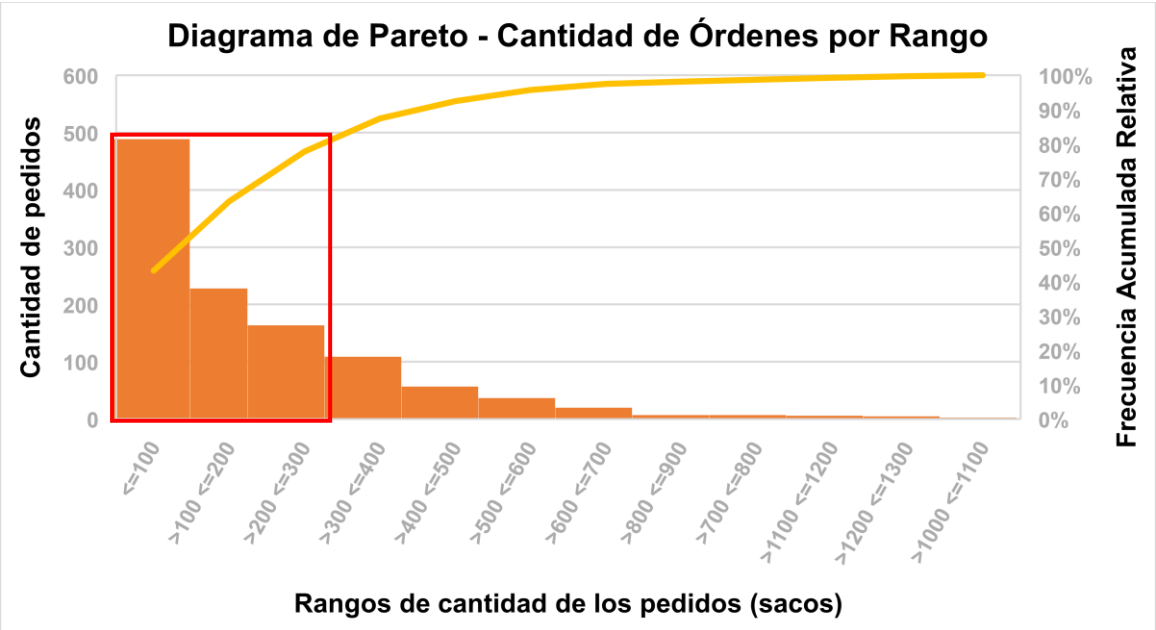
El diagrama describe el proceso desde la recepción de los pedidos hasta su salida de la empresa. El proceso comienza cuando el cliente realiza su petición de productos en la plataforma de la empresa, esta orden es receptada por el departamento comercial el cual se encarga de verificar la disponibilidad de inventario de producto terminado para realizar la asignación. Una vez que el contenido del pedido ha sido separado por el departamento



comercial, el departamento financiero se encarga de realizar el análisis crediticio del cliente, en caso de que el cliente tenga cupo en su cartera, permitirá el paso directo del pedido a logística, caso contrario el gestor de crédito realiza el proceso de análisis. Posterior a la aprobación del pedido en el departamento financiero, este pasa al departamento logístico el cual se encarga de realizar el alistamiento del pedido en pallets de 30 sacos de acuerdo a la variedad de productos que haya solicitado el cliente y su cantidad, estos pallets son cargados en el camión en paralelo, es decir, mientras los montacarguistas realizan el alistamiento de un pallet, los estibadores se encuentran dentro del camión realizando la carga hasta terminar el pallet y así proceder con el siguiente hasta terminar. Una vez que el camión ha sido cargado, se realizan los procesos de facturación y pesaje del camión en báscula con la carga. Este proceso de gestión de órdenes tiene un tiempo de proceso de 1.24 horas, y el tiempo de espera de un pedido en el centro de distribución, desde el registro de la orden en la plataforma web de la compañía hasta el despacho es de 1.82 días.

**2.2.2 Estratificación del problema**

Con la finalidad de enfocar el problema, se desarrolló un diagrama de Pareto y se consideró la cantidad de pedidos para los diferentes tamaños de orden, es decir, para las diferentes cantidades de sacos por pedido, como se observa en la figura 2.7.



**Figura 2.7 Diagrama de Pareto: estratificación del problema**

Utilizando la información del 2019, desde el mes de enero hasta octubre, se obtuvo que el 80% de los pedidos realizados por los clientes son de 300 sacos o menos. Por lo tanto, para el desarrollo de las siguientes etapas, el enfoque es para los pedidos de cantidades menores a 300 sacos.

En la figura 2.8 se muestra la serie de tiempos del tiempo de ciclo del procesamiento de una orden, considerando el promedio del 2019 y el criterio de estratificación mencionado.

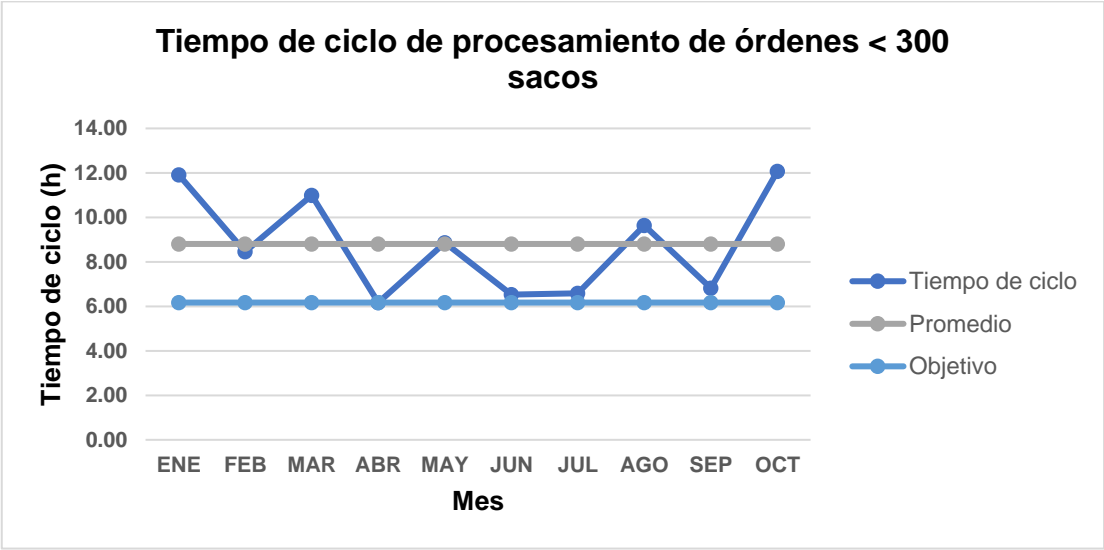


Figura 2.8 Tiempo de procesamiento de pedidos: problema enfocado

### 2.2.3 Plan de recolección de datos

Una vez que se ha enfocado el problema y se conoce el proceso con claridad, se procedió a elaborar un plan de recolección de datos que permita entender el problema y facilite el análisis de la situación actual.

**Tabla 2.2 Plan de recolección de datos**

¿Qué?			¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Quién?	Tamaño
Métrica	Unidad de medida	Tipo de métrica	¿Dónde recolectar?	¿Cuándo recolectar?	Método de recolección	¿Por qué recolectar?	Responsable	de muestra
Tasa de arribo de pedidos en la plataforma	Cantidad de órdenes por día	Discreto	Centro de distribución	1/1/2019-31/10/2019	Información histórica	Permite medir el comportamiento de la demanda diaria	José & Regina	Data histórica
Volumen de entrada de pedidos por hora en la plataforma	Cantidad de órdenes por día	Discreto	Centro de distribución	1/1/2019-31/10/2019	Información histórica	Permite comprender la forma en que los clientes ponen sus pedidos de acuerdo a la hora	José & Regina	Data histórica
Volumen de entrada de pedidos por hora en logística	Cantidad de órdenes por hora	Discreto	Centro de distribución	1/1/2019-31/10/2019	Información histórica	Permite comprender como ingresan los pedidos al departamento logístico	José & Regina	Data histórica
Tiempo de reposo de la orden en logística	Minutos	Continuo	Centro de distribución	1/1/2019-31/10/2019	Información histórica	Variable crítica que permite medir la variable de respuesta	José & Regina	Data histórica
Cantidad de órdenes despachadas por zona	Cantidad de órdenes por hora	Discreto	Centro de distribución	1/1/2019-31/10/2019	Información histórica	Métrica para comprender el envío de órdenes de acuerdo a la zona	José & Regina	Data histórica
Tiempo desde la preparación del pedido hasta el despacho	Minutos	Continuo	Centro de distribución	28/10/2019-13/11/2019	Estudio de tiempo	Variable crítica para comprender el tiempo de proceso en el departamento de logística	José & Regina	51
Costo de procesar una orden	Dólares por orden	Discreto	Centro de distribución	1/1/2019-31/10/2019	Información histórica	Facilitará la medición de los beneficios luego de la implementación de las mejoras	José & Regina	Data histórica

Las métricas definidas en el plan de recolección de datos fueron obtenidas de la base de datos provista por el departamento de sistemas que recopila la información de la plataforma de gestión de pedidos en la compañía, por lo tanto, no se requiere del cálculo del tamaño de muestra. Sin embargo, el tiempo de preparación del pedido y alistamiento fue obtenido por medio de un estudio de tiempos, el tamaño de la muestra fue calculada usando la ecuación 2.1.

$$n = \left( Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\epsilon \times \bar{x}} \right)^2 \quad (2.1)$$

**Tabla 2.3 Tamaño de muestra**

<b>Media</b>	2.78
<b>Desv. Estd.</b>	1.09
<b>Alfa</b>	0.05
<b>Z</b>	1.645
<b>Error %</b>	8%
<b>Error</b>	0.22
<b>N</b>	66
<b>N-n</b>	51

Para el cálculo del tamaño de muestra del tiempo de preparación de pedido y alistamiento se tomó una muestra de 15 datos, los resultados se muestran la tabla 2.3.

#### 2.2.4 Validación de datos

Con el fin de asegurar que la información proporcionada por el departamento de sistemas refleje el proceso actual, se realizaron validaciones de dos tipos: estadísticas y presenciales utilizando el método de Gemba Walk. Para la validación estadística se consideró la información que se encuentra en la base de datos proporcionada, es decir, la variable de respuesta, el tiempo de ciclo de procesar una orden. Se recopiló una muestra para realizar la prueba de diferencia de medias, la cual plantea:

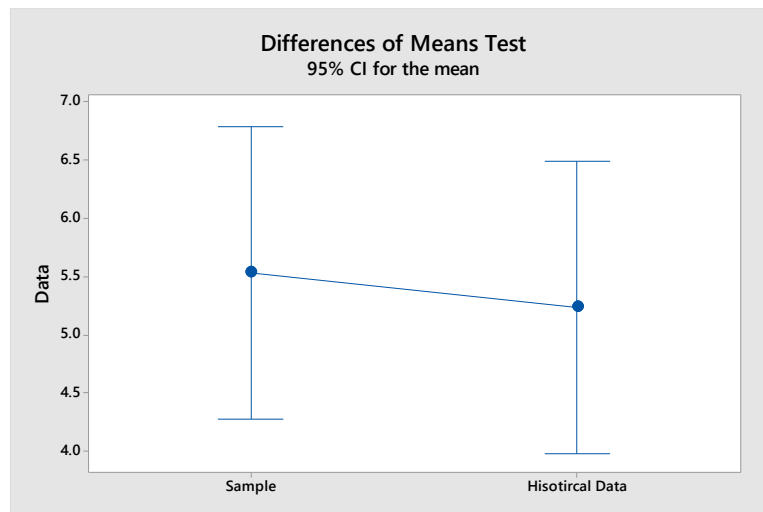
$$H_0 = \text{Ambas medias son iguales}$$

$$H_1 = \neg H_0$$

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.2220	0.2220	0.15	0.709
Error	8	11.8356	1.4794		
Total	9	12.0576			

**Figura 2.9 Análisis de varianza**

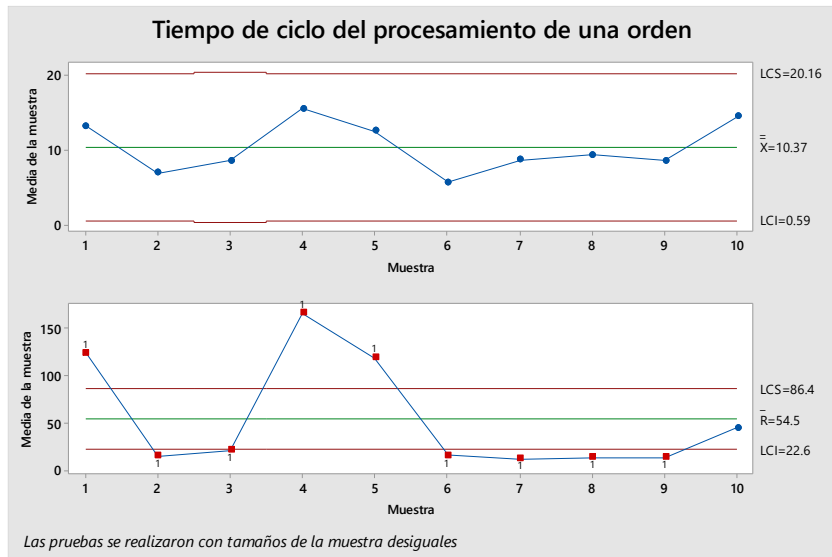


**Figura 2.10 Prueba de diferencia de medias**

El valor p obtenido en Minitab es de 0.709, siendo mayor a 0.05, como se evidencia en la figura 2.9 por lo que se puede decir que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula como se muestra en la figura 2.10. El tiempo de ciclo del procesamiento de una orden registrada en la base de datos es consistente con lo que sucede en el proceso actual. La base de datos es considerada una fuente confiable, ya que ha sido validada.

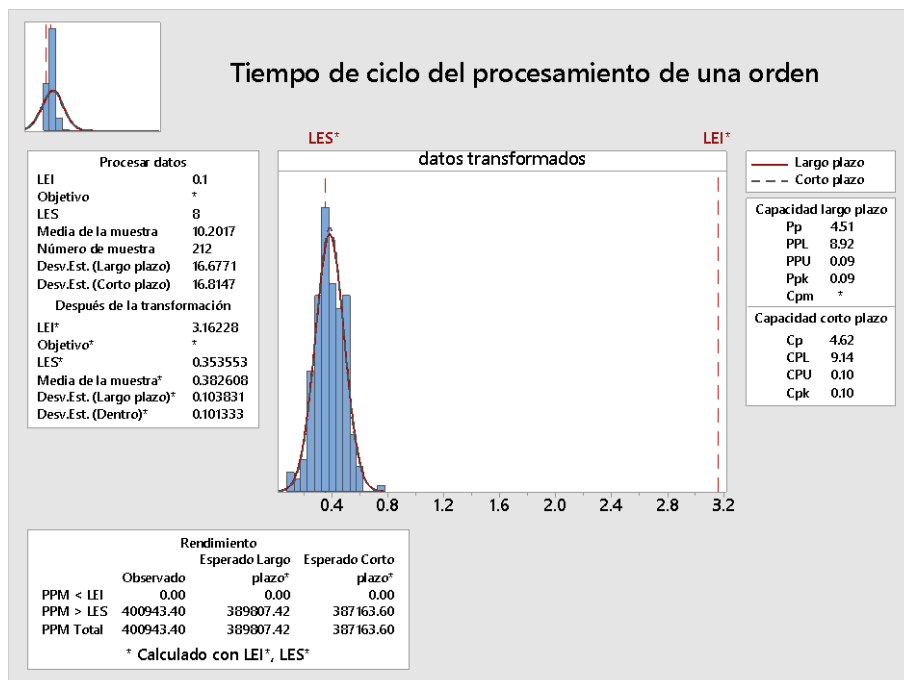
### **2.2.5 Análisis de capacidad**

Como parte de la etapa de medición del proceso actual, se procedió a medir la capacidad del proceso. Para realizar un análisis de capacidad es imperativo identificar si el proceso se encuentra en control, para lo cual se elaboró una carta de control X-R como se muestra en la figura. En la carta de control de rangos se visualizan 9 puntos por fuera de los límites de control, esto significa que la variabilidad de la desviación es alta, y el proceso se encuentra afectado por causas asignables que deben ser identificadas y eliminadas.



**Figura 2.11 Carta de control X-R del tiempo de ciclo de procesamiento**

Una vez que se ha identificado que el proceso no se encuentra en control, se procede a medir la capacidad del proceso, para lo cual fue necesario el desarrollo de una prueba de bondad de ajuste para identificar que distribución siguen los datos. Se obtuvo que los datos siguen una distribución Weibull de 3 parámetros. Del análisis de capacidad que se muestra en la figura 2.12 se extrajo el cpk, cuyo valor es 0.10, por lo tanto, el proceso no es capaz de cumplir con los requerimientos del cliente.



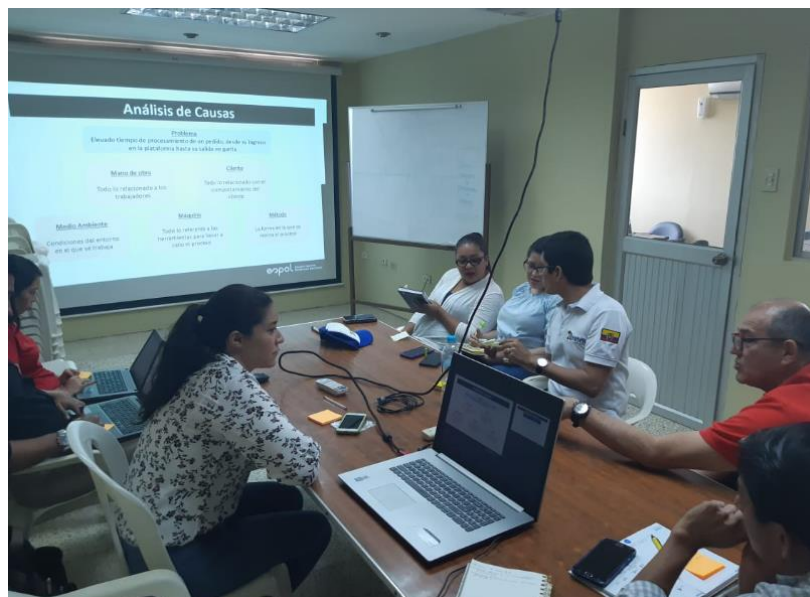
**Figura 2.12 Análisis de capacidad de variable de respuesta**

## 2.3 Análisis

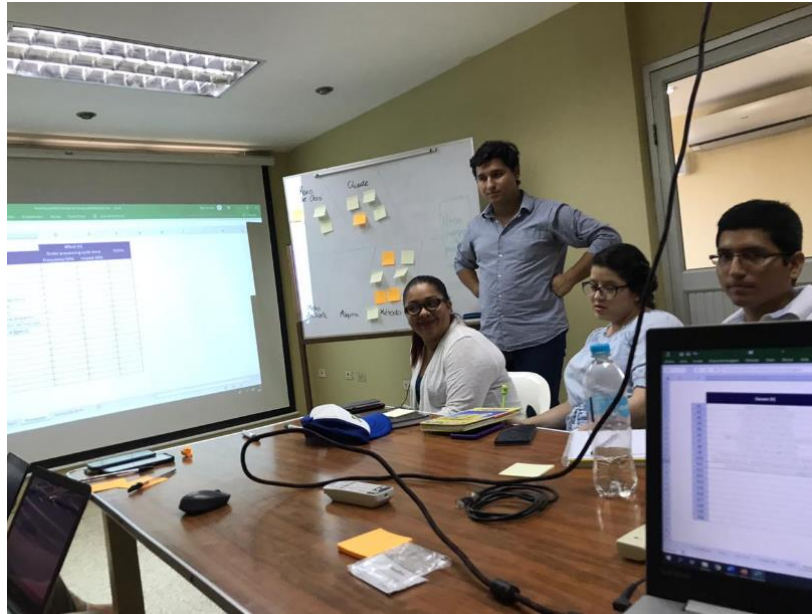
En esta etapa se realizó el levantamiento de causas para la oportunidad de mejora identificada: tiempo de ciclo de procesamiento de una orden, por medio del uso de la herramienta diagrama causa-efecto (Ishikawa) con las personas involucradas en el proceso entre los cuales se encontraron: jefe de logística, asistente de supply, dos gestores comerciales y el jefe del departamento comercial. A partir de las causas identificadas con el equipo de trabajo se procedió a la priorización de las mismas a través de una matriz causa-efecto.

### 2.3.1 Generación de causas potenciales

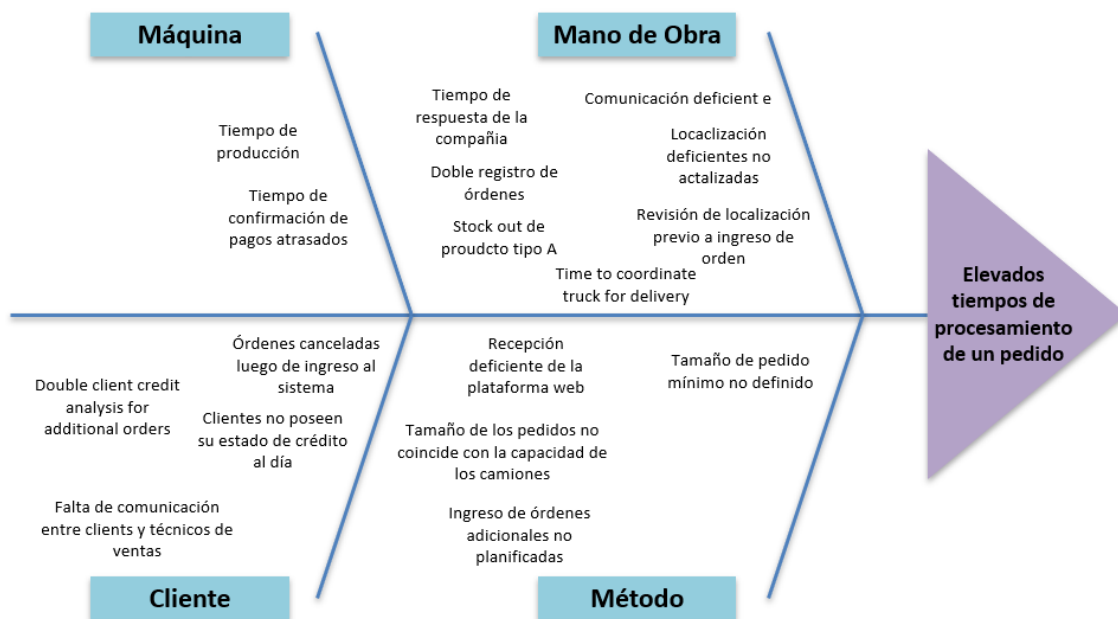
Para iniciar el proceso de análisis de causas se reunió a todo el equipo de trabajo y a todos los usuarios interesados e involucrados en el procesamiento de pedidos en la compañía y se desarrolló una lluvia de ideas como se puede observar en las figuras 2.13 y 2.14, de la cual se desarrolló un diagrama de Ishikawa. Como se puede observar en la figura 2.15, se clasificaron las causas según las siguientes categorías: máquina, mano de obra, cliente y método. Se implementó esta clasificación en conjunto con el equipo de trabajo pues se consideró que eran aquellas áreas que generan un gran impacto sobre el proceso.



**Figura 2.13 Generación de causas con equipo de trabajo y usuarios interesados**



**Figura 2.14** Elaboración, calificación y análisis de causas



**Figura 2.15** Diagrama Ishikawa

Posterior a identificar todas las posibles causas generadoras de los altos tiempos en el procesamiento de pedidos, junto con el equipo de trabajo, se desarrolló una matriz de causa efecto con el objetivo de identificar aquellas causas más preponderantes para el problema identificado.



Para medir el impacto que cada una de las causas potenciales identificadas genera sobre la variable respuesta, se establecieron dos parámetros: frecuencia e impacto, a lo cuales se les asignó una ponderación de 50% respectivamente. Adicionalmente, se empleó una escala de relación de 4 grados entre las posibles causas y los parámetros, siendo la calificación la siguiente:

- 0: sin relación
- 1: baja relación
- 3: relación moderada
- 9: alta relación

Una vez definidos los parámetros de evaluación y la escala de calificación, se procedió a calificar cada una de las causas para así, obtener aquellas causas potenciales que generan el elevado tiempo de procesamiento de un pedido. Como se puede observar en la tabla 2.2 las causas potenciales identificadas fueron:

- Los clientes no están al día en sus pagos.
- Ingreso de órdenes adicionales no planificadas.
- El tamaño del pedido de los clientes no coincide con la capacidad del camión.

**Tabla 2.4 Matriz Causa- Efecto**

	Causas (X)	Variable Respuesta (Y)		TOTAL
		Frecuencia 50%	Impacto 50%	
X1	Revisión en el área de crédito	9	9	9
X2	Falta de comunicación entre áreas	9	9	9
X3	Falta de organización en el ingreso de pedidos a consolidar	9	9	9
X4	Falta de comunicación dentro del área	3	9	6
X5	Problemas de ingreso de clientes - Crédito	3	9	6
X6	Re-ajuste de destinos en logística (Facturación)	3	9	6
X7	Tiempo de espera desde producción hasta despacho	3	9	6
X8	Falta de definición del pedido mínimo por cliente con logística Unicol	3	9	6
X9	Portal de pedidos ineficiente (no es amigable)	9	1	5
X10	Problemas de comunicación con clientes	1	9	5
X11	Pagos de contado - Confirmación de depósitos	3	3	3
X12	Cliente cancela el pedido solicitado - Políticas de cancelación	3	3	3
X13	Alto tiempo de reacción de planta-Requerimientos del mercado	3	3	3
X14	Doble validación de crédito en casos de stock-out y pedidos adicionales	3	3	3
X15	Falta de reasignación automática en casos de Stock-Out. Reingreso de pedidos	3	3	3
X16	Stock-out de productos A - Disponibilidad	1	3	2
X17	Coordinación de transporte - Logística cliente pasa a L unicol	1	3	2

### 2.3.2 Plan de verificación de causas

Una vez que las causas potenciales han sido identificadas y priorizadas de acuerdo a su impacto en la variable de respuesta y su frecuencia de ocurrencia con las personas involucradas en el proceso, se procedió a elaborar un plan de verificación de causas como se muestra en la tabla 2.5 cuya finalidad es la de validar la incidencia de las causas potenciales en la métrica del problema.

**Tabla 2.5 Plan de verificación de causas**

Causas potenciales	Teoría sobre el impacto	Método de verificación	Estado
<b>Tamaño de los pedidos no coincide con la capacidad de los camiones</b>	Los pedidos que no coinciden con la capacidad del camión incrementan el tiempo de ciclo del procesamiento de la orden	ANOVA	Verificado
<b>Ingreso de órdenes adicionales no planificadas</b>	The arrival of unplanned additional orders generates an increase in the order processing cycle time	ANOVA	Verificado
<b>Los clientes no están al día en sus pagos</b>	El tiempo de ciclo del procesamiento de una orden aumenta cuando los clientes tienen pagos pendientes	ANOVA	Verificado

**Para la primera causa potencial:** el tamaño de pedido de los clientes no coincide con la capacidad del camión, se realizó una prueba ANOVA de dos niveles, considerando los tiempos de los pedidos menores a 300 unidades (capacidad mínima de un camión de despachos) y los tiempos de los pedidos mayores a 300 unidades que no necesitarían esperar por consolidación para cumplir con la capacidad del camión. Se obtuvo un valor p de 0.004, cuyo valor es menor a 0.05 como se muestra en la figura 2.16, por lo tanto, hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y afirmar que los tiempos para pedidos menores a 300 unidades (no cumplen con la capacidad mínima del camión) y los tiempos para pedidos mayores a 300 unidades son diferentes.

$H_0 =$  La media del tiempo de procesamiento de órdenes que no coinciden con la capacidad mínima de los camiones es igual que aquellas órdenes que cumplen con la capacidad

$$H_1 = \neg H_0$$

<b>Método</b>					
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales				
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales				
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$				
<i>Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.</i>					
<b>Información del factor</b>					
Factor	Niveles	Valores			
Factor	2	Menores a 300, Mayores a 300			
<b>Análisis de Varianza</b>					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	3.427	3.4275	9.62	0.004
Error	28	9.976	0.3563		
Total	29	13.403			

**Figura 2.16 Prueba ANOVA: Primera Causa**

**Para la segunda causa potencial:** ingreso de órdenes adicionales no planificadas, se realizó una prueba ANOVA de dos niveles, considerando los tiempos de los pedidos compuestos por la consolidación de varios pedidos adicionales del mismo cliente y los tiempos de los pedidos compuestos por una única orden en la plataforma. Se obtuvo un valor p de 0.001, cuyo valor es menor a 0.05 como se muestra en la figura 2.17, por lo tanto, hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y afirmar que los tiempos de los pedidos compuestos por la consolidación de varios pedidos adicionales del mismo cliente y los tiempos de los pedidos compuestos por una única orden en la plataforma son diferentes.

$H_0 =$  La media del tiempo de procesamiento de órdenes compuestas por varios pedidos adicionales es igual a aquellas órdenes compuestas por un pedido único

$$H_1 = \neg H_0$$

<b>Método</b>					
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales				
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales				
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$				
<i>Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.</i>					
<b>Información del factor</b>					
Factor	Niveles	Valores			
Factor	2	Varios pedidos, Pedido único			
<b>Análisis de Varianza</b>					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	41.22	41.217	14.32	0.001
Error	22	63.34	2.879		
Total	23	104.56			

**Figura 2.17 Prueba ANOVA: Segunda Causa**

**Para la tercera causa potencial:** los clientes no están al día en sus pagos, se realizó una prueba ANOVA de dos niveles, considerando los tiempos de los pedidos de los clientes faltantes de pago y los tiempos de los pedidos de los clientes que pasaron directamente el análisis crediticio por estar al día en sus pagos. Se obtuvo un valor p de 0.679 como se muestra en la figura 2.18, cuyo valor es mayor a 0.05, por lo tanto, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y afirmar que los tiempos de los pedidos de los clientes faltantes de pago y los tiempos de los pedidos de los clientes que pasaron directamente el análisis crediticio por estar al día en sus pagos son diferentes.

$H_0 =$  *La media del tiempo de procesamiento de órdenes de clientes con pagos pendientes es igual al tiempo de procesamiento órdenes de clientes con los pagos al día*

$$H_1 = \neg H_0$$

<b>Método</b>					
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales				
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales				
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$				
<i>Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.</i>					
<b>Información del factor</b>					
Factor	Niveles	Valores			
Factor	2	Payment up to date, Payment not up to date			
<b>Análisis de Varianza</b>					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.7812	0.7812	0.18	0.679
Error	16	70.4253	4.4016		
Total	17	71.2066			

**Figura 2.18 Prueba ANOVA: Tercera Causa**

### 2.3.3 Análisis de causa raíz

Finalmente, luego de haber validado estadísticamente las causas potenciales, se prosiguió a desarrollar la herramienta de los 5 porqués, como se puede observar en las tablas 2.6 y 2.7, para cada una de las causas estadísticamente validadas, cuya finalidad es determinar, a partir de las causas potenciales, las causas raíz del problema. Es importante mencionar que, además de ser un análisis cualitativo el implementado para identificar todos los “porqués”, estos fueron claramente identificados y confirmados mediante observación del proceso de atención de órdenes en el centro de distribución.

**Tabla 2.6 5 Porqués, Tamaño de Pedidos no coincide con capacidad de camiones**

<b>Ronda 1</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Ronda 2</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Ronda 3</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Acción</b>
<b>¿Por qué?</b>		<b>¿Por qué?</b>		<b>¿Por qué?</b>		
¿Por qué el tamaño del pedido de los clientes no coincide con la capacidad de los camiones?	<b>SI</b>	¿Por qué los clientes ponen sus pedidos de acuerdo a sus necesidades?	<b>SI</b>	¿Por qué la plataforma no limita el tamaño del pedido?	<b>SI</b>	<b>Definir políticas de recepción de pedidos</b>
Los clientes ponen su tamaño de pedido de acuerdo con sus necesidades		La plataforma de la compañía no limita el tamaño del pedido		Las políticas de recepción de pedidos no están definidas		
Los clientes desconocen la capacidad de los camiones	<b>NO</b>					

**Tabla 2.7 5 Porqués, Ingreso de ordenes adicionales no planificadas**

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Acción
¿Por qué?		¿Por qué?		¿Por qué?		¿Por qué?		
¿Por qué hay ingreso de pedidos adicionales no planificados?	SI	¿Por qué el tamaño del pedido de los clientes no coincide con la capacidad de los camiones?	SI	¿Por qué los clientes ponen sus pedidos de acuerdo con sus necesidades?	SI	¿Por qué la plataforma no limita el tamaño del pedido?	SI	<b>Definir políticas de recepción de pedidos</b>
La orden ingresada no cumple la capacidad del camión		Los clientes ponen su tamaño de pedido de acuerdo con sus necesidades		La plataforma de la compañía no limita el tamaño del pedido		Las políticas de recepción de pedidos no se están definiendo		
Departamento financiero solo aprueba una parte del pedido	SI	¿Por qué el departamento financiero solo aprueba una parte del pedido?	SI	¿Por qué los clientes no están al día con sus pagos?	SI	¿Por qué los clientes esperan a ingresar un pedido para solo pagar el valor necesario?	SI	<b>Revisar y redefinir las políticas de cobro</b>
		Los clientes no están al día con sus pagos		Los clientes esperan a ingresar un pedido para solo pagar el valor necesario		Las políticas de pago actuales permiten al cliente posterior al ingreso del pedido		
Mala planificación de requerimientos de los clientes	SI	¿Por qué los clientes tienen una mala planificación de requerimientos?	SI	¿Por qué los clientes no siguen las recomendaciones de los técnicos de venta?	SI			<b>Mejorar la relación entre clientes y técnicos de venta</b>

## 2.4 Mejora

En esta etapa se desarrolló las propuestas de mejora para reducir el tiempo de procesamiento de un pedido y se evaluó cada una para identificar la viabilidad económica y tecnológica de cada una de estas, así como el impacto que genera su implementación sobre la organización

### 2.4.1 Generación de propuestas de mejora

Para generar las propuestas de mejora se realizó una lluvia de ideas, como se puede observar en la figura 2.19 para generar mejoras que respondan a las causas raíz previamente identificadas. Se identificó las siguientes soluciones potenciales:

- A. Definir un sistema de administración colaborativa del inventario y una desarrollar una planificación de la distribución.
- B. Definir una restricción automática que limite el registro de ordenes en la plataforma web a clientes con pagos pendientes.
- C. Desarrollar un canal de comunicación o App entre el departamento comercial, los técnicos de venta y los clientes.

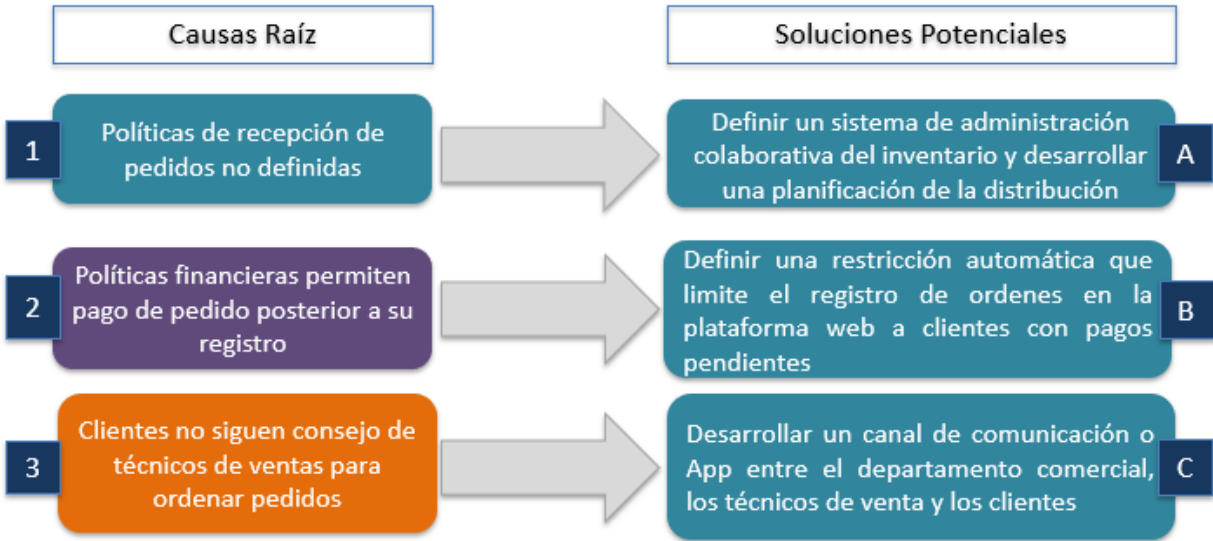


Figura 2.19 Soluciones potenciales

Una vez identificadas las posibles soluciones para resolver el problema planteado en la etapa de definición, se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de las soluciones para seleccionar la más adecuada.

Inicialmente, se elaboró un análisis cuantitativo de las soluciones propuestas en términos de la inversión que cada una de estas requiere para su desarrollo como se puede



observar en la tabla 2.8. Para el análisis de costos fijos de inversión se consideró tres rubros: Activos, si la propuesta requiere de la compra de algún bien, Mano de obra involucrada tanto en el desarrollo como en la ejecución en el tiempo de la solución y el entrenamiento necesario que deben recibir los colaboradores para la correcta implementación de la mejora, en caso de necesitarlo.

**Tabla 2.8 Análisis de costos de las soluciones**

<b>Análisis de Costos</b>				
<b>Costo</b>	<b>Criterio</b>	<b>Solución</b>		
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Inversión	Activo	-	-	\$1,500.00
	Mano de obra	\$2,839.00	\$150.00	-
	Entrenamiento	\$112.00	-	\$720.00
<b>Total</b>		\$1,110.00	\$150.00	\$2,220.00

Adicionalmente, se desarrolló un análisis cualitativo para cada una de las soluciones considerando criterios de: bajo costo, rápida implementación y alto impacto en la organización como se puede observar en la tabla 2.9. Para la evaluación de cada solución respecto a los criterios definidos se utilizó una escala de: 1, 3 y 9 de menor a mayor nivel de relación respectivamente. Adicionalmente, cada criterio tuvo una ponderación única en función de su importancia para la organización.

**Tabla 2.9 Priorización final de soluciones**

<b>Priorización Final</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Solución</b>		
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Bajo costo	5	3	9	1
Rápida implementación	3	3	3	1
Alto impacto	5	9	1	3
<b>Total</b>		<b>69</b>	59	23

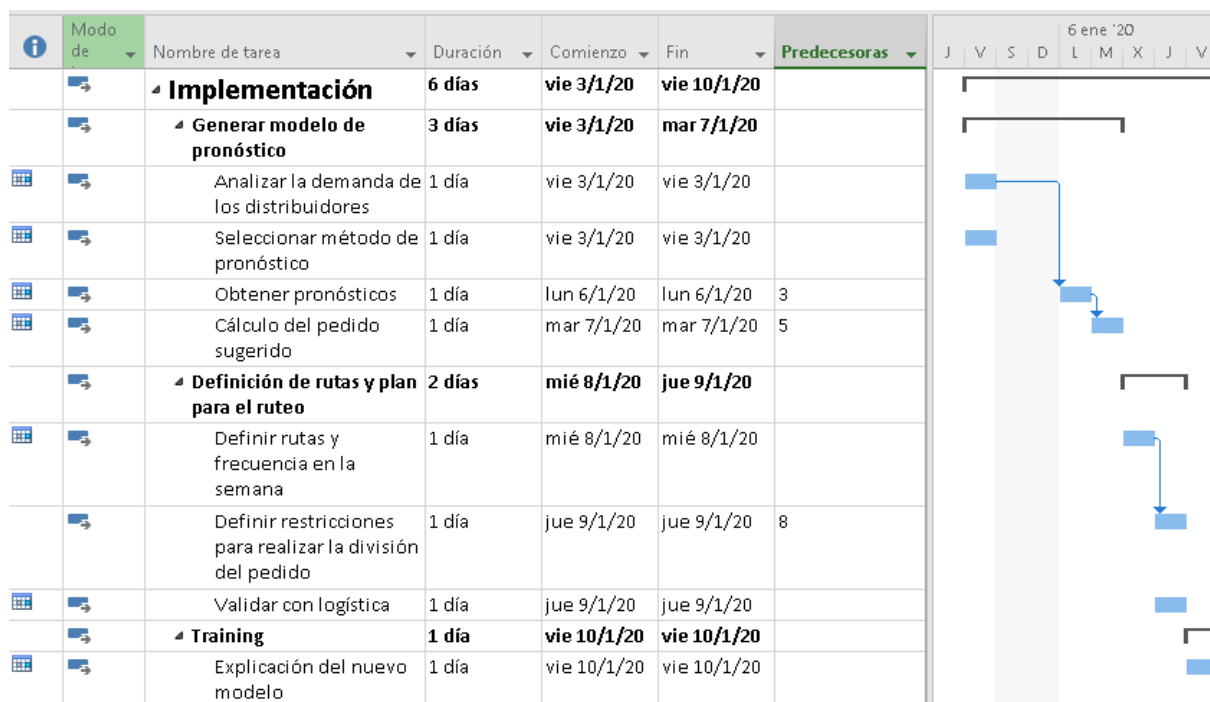
Se seleccionó como solución óptima en términos de viabilidad económica, factibilidad tecnológica e impacto para la compañía la propuesta de mejora A: Definir un sistema de administración colaborativa del inventario y una desarrollar una planificación de la distribución.

Una vez determinada la propuesta de mejora a desarrollarse, se definió un plan de implementación, como se observa en la tabla 2.10, para asegurar la correcta ejecución de esta en la organización.

**Tabla 2.10 Plan de implementación**

<b>Causa raíz</b>	Las políticas de recepción de pedidos no están definidas
<b>¿Qué?</b>	Definir un sistema de administración colaborativa del inventario basado en la demanda real de los clientes para generar pedidos sugeridos para los clientes y desarrollar una planificación de la distribución para consolidar carga y optimizar la operación logística
<b>¿Por qué?</b>	Debido a que existen altos tiempos de espera de los camiones por consolidación de carga y por la ausencia de controles en el ingreso y manejo de pedidos de clientes
<b>¿Cómo?</b>	Definir un sistema de administración colaborativa del inventario que disminuya los niveles de estos en las bodegas de los clientes y controlar la recepción de pedidos mediante el manejo de su inventario, así como desarrollar una planificación de rutas y despachos
<b>¿Dónde?</b>	Departamento comercial en la recepción de pedidos y logístico en la planificación de rutas y despachos de productos MTS
<b>¿Quién?</b>	Líderes de Proyecto: José Ambrosini y Regina Sánchez
<b>¿Cuánto?</b>	\$1,110.00
<b>¿Cuándo?</b>	Enero 2020
<b>Estado</b>	Activo

Adicionalmente, para asegurar el cumplimiento y ejecución del plan de implementación para el sistema de administración colaborativa del inventario y planificación de la distribución se desarrolló un cronograma de implementación con plazos de tiempo para cada una de las actividades necesarias para la elaboración, implementación y control del sistema como se muestra en la figura 2.20.



**Figura 2.20 Cronograma de implementación de Mejora**

### 2.4.2 Desarrollo del Modelo

Una vez seleccionada la propuesta de mejora para alcanzar la reducción del tiempo de procesamiento de un pedido en la compañía y de realizado un plan de desarrollo e implementación, se desarrolló el modelo del sistema de administración del inventario por el proveedor para la organización y todas las consideraciones necesarias para su correcta ejecución.

El sistema de administración del inventario por el proveedor se basa en una colaboración entre ambas partes en la cual, los clientes de la compañía ofrecen información diaria y en tiempo real de sus niveles de inventario y venta estimada, con la cual, la compañía podrá determinar los puntos de reposición y cantidades adecuadas para sus clientes asegurando una reducción en sus niveles de inventario y generando una reducción del costo logístico de distribución de la organización.

El sistema de administración del inventario por el proveedor propuesto para la organización consta de 6 etapas:

1. Generación de un pronóstico semanal de la venta esperada de los clientes de la organización.
2. Generación de la cantidad de pedido sugerido por cliente y por producto.
3. Desarrollo del plan de distribución semanal.
4. Revisión, modificación y aprobación de pedidos.
5. Gestión de cartera de clientes.
6. Alistamiento, carga y despacho de camiones.

El sistema inicia mediante el uso del software de la compañía para generar el pronóstico semanal de la venta esperada de los clientes, dado que la demanda de los clientes por producto es intermitente, es decir, con periodos demanda cero, se emplea el método de Croston como se puede observar en la figura 2.21. Donde:

$d_t$  → Demanda en el período  $t$

$\hat{D}_t$  → Pronóstico de la demanda paara período no nulo

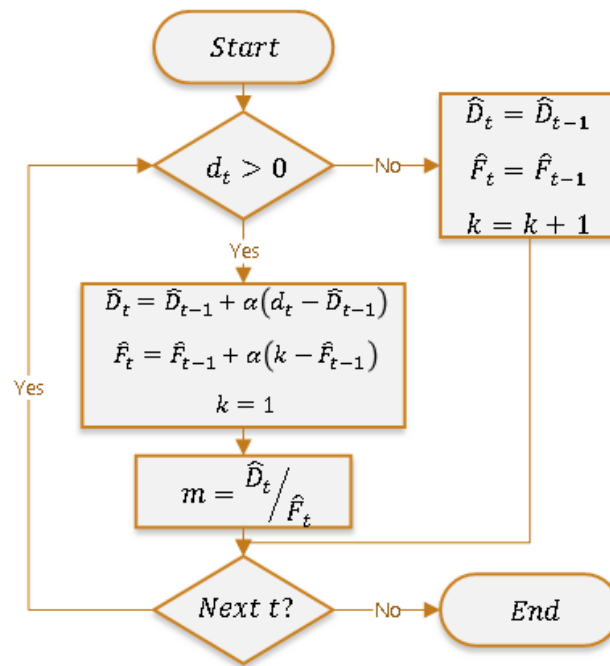
$F_t$  → Tiempo entre dos demandas no nulas

$\hat{F}_t$  → Pronóstico del intervalo de demanda

$K$  → Intervalo desde la última demanda no nula

$\alpha$  → Parámetro de atenuación

$m$  → Demanda promedio en el período



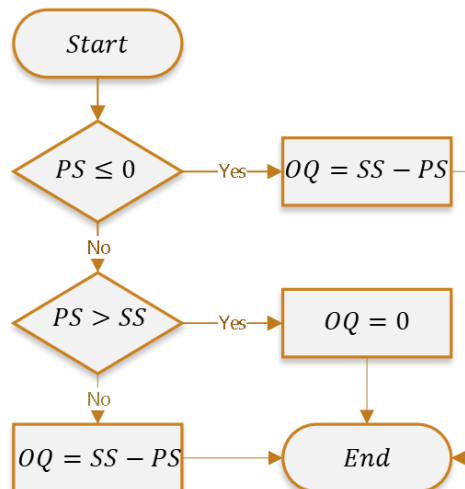
**Figura 2.21** Algoritmo de Croston para pronóstico de demanda intermitente

Una vez determinado el pronóstico para cada cliente por producto, el sistema emplea un algoritmo, como se puede observar en la figura 2.22 para determinar el pedido sugerido para cada cliente considerando el inventario proyectado, así como el nivel de inventario de seguridad para cada producto por cliente, en el cual:

*PS* → Stock proyectado

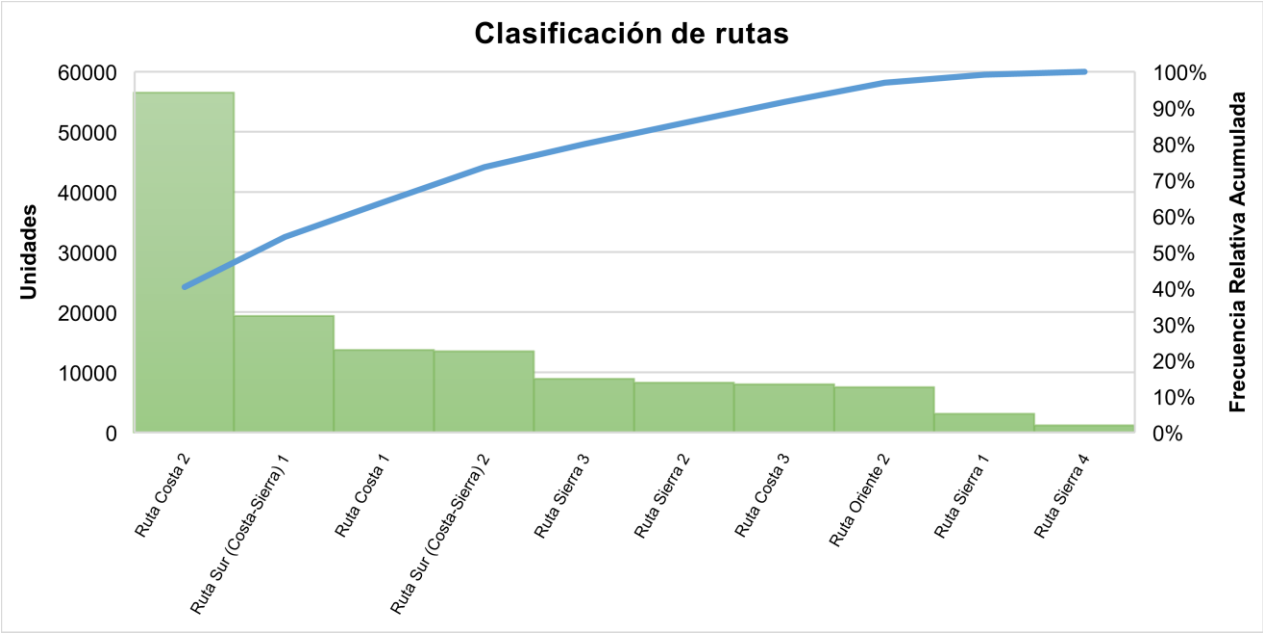
*SS* → Stock de seguridad

*OQ* → Pedido sugerido



**Figura 2.22** Algoritmo para determinar pedido sugerido por cliente y producto

Finalmente, el sistema desarrolla el plan de distribución semanal considerando el registro de todos los pedidos automáticamente, basándose en el pedido sugerido previamente determinado y en los días de atención de las diferentes rutas de distribución que maneja la organización como se puede observar en la figura 2.23 y la tabla 2.11. Adicionalmente se consideró el volumen por ruta de tal manera que haya un balance de carga todos los días de la semana.



**Figura 2.23 Clasificación de rutas**

**Tabla 2.11 Cronograma de rutas**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<b>Ruta Costa 2</b>	X	X	X	X	X
<b>Ruta Sur (Costa-Sierra) 1</b>	X	X		X	X
<b>Ruta Costa 1</b>		X		X	X
<b>Ruta Sur (Costa-Sierra) 2</b>	X		X		X
<b>Ruta Sierra 3</b>	X		X		X
<b>Ruta Sierra 2</b>		X		X	
<b>Ruta Costa 3</b>		X		X	
<b>Ruta Oriente 2</b>	X		X		
<b>Ruta Sierra 1</b>	X		X		
<b>Ruta Sierra 4</b>		X			X

Para considerar la distribución de los productos de un pedido en los diferentes días de atención de las rutas de atención el sistema valida la cantidad semanal necesaria de

cada cliente por producto y la reparte equitativamente entre los días de atención de la ruta considerando las siguientes restricciones:

- Pedidos con menos de 100 unidades no podrán dividirse.
- Pedidos entre 100 y 200 unidades podrán dividirse en máximo 2 partes.
- Pedidos entre 200 y 300 unidades podrán dividirse en máximo 3 partes.
- Pedidos entre 300 y 400 unidades podrán dividirse en máximo 4 partes.
- Pedidos mayores a 400 unidades podrán dividirse máximo en 5 partes.

Adicionalmente, el plan de distribución semanal considera no exceder la capacidad de despacho máxima diaria del centro de distribución de la compañía. El sistema ejecuta automáticamente todo el proceso descrito hasta este momento continuamente de tal manera que el equipo comercial y logístico dispongan de la información necesaria para la aprobación y posterior distribución de pedidos.

Empleando la información obtenida a través del sistema, todo pedido es procesado mediante el flujo tradicional de atención a clientes descrito en la introducción del proyecto, con la diferencia sustancial en el ingreso de los pedidos, ya no lo registrarán los clientes, el sistema los ingresará automáticamente. Por ello, el equipo comercial revisa y aprueba los pedidos para luego continuar a las áreas financiera y logística respectivamente.

Para llevar un control y seguimiento del sistema de administración del inventario por el proveedor y planificación de la distribución, se emplean dos pantallas de control, una en el área comercial y otra en el área logística como se puede observar en las figuras 2.24 y 2.25. La pantalla en el departamento comercial permite realizar la revisión, modificación de ser necesaria y la aprobación de las ordenes generadas por el sistema para cada cliente por producto. Para el área logística, la pantalla le permite al jefe de logística planear previamente la obtención de camiones para realizar los despachos durante la semana y asegurar la consolidación de carga generada por el sistema.





Se consideró para la simulación la semana 39 del 2019, durante la cual se realizaron 136 pedidos para los distribuidores tanto de pedidos de la logística a cargo del proveedor como los pedidos a cargo de la logística realizada por los clientes. Actualmente un grupo de clientes (distribuidores) ingresan sus niveles de inventario a una plataforma web de forma diaria, por lo que la empresa ya cuenta con información de sus clientes para desarrollar este modelo de negocio. Se obtuvieron los pedidos sugeridos para los distribuidores que se encuentran dentro del programa, considerando sus niveles de inventario para la semana 38, utilizando el método de Croston para estimar la demanda por SKU. En la tabla 2.12 se muestra el pedido sugerido total para la semana 39, para simular el comportamiento normal dentro de la semana, se consideraron las cantidades reales del resto de clientes y se realizaron las divisiones de los pedidos semanales de tal manera que se cumple con las restricciones mencionadas en la sección 2.4.2.

**Tabla 2.12 Pedido sugerido por cliente – Semana 39**

<b>Cliente</b>	<b>Pedido Sugerido</b>
Cliente 1	514
Cliente 2	532
Cliente 3	449
Cliente 4	2755
Cliente 5	32
Cliente 6	1135
Cliente 7	393
Cliente 8	439
Cliente 9	4
Cliente 10	262
Cliente 11	624

Una vez realizada la división del pedido, se obtuvieron pedidos diarios, los cuales serán generados automáticamente por el sistema. Posterior a la generación de los pedidos todos los lunes a las 12:00 am, el área comercial se encarga de realizar la aprobación de los pedidos en la plataforma de la cual se genera un correo dirigido al cliente en el que se le notifica el ingreso de una orden para el pago respectivo. El tiempo que el pedido reposa en el área comercial fue tomado considerando el tiempo que tomaría la aprobación del pedido de acuerdo a la cantidad de SKU's que estos tendrían. Luego de la aprobación comercial, el pedido es gestionado por el área financiero, para este tiempo de gestión se consideró la distribución obtenida de la información histórica del año 2019 y se utilizaron números aleatorios del 0-1000 para su simulación. Debido a que los

pedidos de la semana pueden ser consultados por el jefe de logística antes de que sean ingresados, este podría gestionar los camiones de acuerdo a la capacidad requerida para los despachos y considerar la combinación de pedidos dentro de las rutas de tal manera que superen la carga total de 290 unidades por camión para asegurar la consolidación de carga y reducir los costos de transporte, ya que existe un tarifario diferenciado de acuerdo a la cantidad, si la cantidad sobrepasa las 290 unidades, el flete tendría la menor tarifa. Los resultados de la simulación se encuentran la sección 3.

## 2.5 Control

Finalmente, se estableció un plan de control, como se puede observar en la tabla 2.13 para asegurar el correcto desarrollo e implementación del sistema de administración del inventario por el proveedor y de la planificación de la distribución.

**Tabla 2.13 Plan de control**

Departamento	Proceso	Métrica de control	Método de medición	Frecuencia	Aceptación	Responsable
Comercial	VMI	Porcentaje de error para la cantidad de pedido sugerido por SKU	Monitorear en el sistema el porcentaje de error por cliente y por producto	Semanal	< 40%	Asistente comercial
Financiero	Gestión de cobranza	Porcentaje de clientes en el sistema VMI con pagos pendientes	Monitorear en el sistema el número de clientes que no reciben su pedido debido a pagos	Diario	< 10%	Gestor de crédito
Logística	Planificación de la distribución	Cantidad de camiones despachados con carga consolidada	Inspeccionar la ejecución del plan de distribución y determinar la cantidad de camiones despachados con 290 sacos o más	Semanal	> 50%	Jefe de logística
	Operación logística	Horas extras en el departamento de logística	Monitorear el tiempo extra de logística sobre el total de tiempo laborado	Semanal	< 20%	

Cliente	Manejo de inventario del cliente	Tasa de cobertura	Monitorear los niveles de inventario de los clientes y asegurar su abastecimiento para cumplir con su demanda	Semanal	100%	Asistente comercial
---------	----------------------------------	-------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	------	---------------------

Adicionalmente, se elaboró un plan de acción como se puede observar en la tabla 2.14 para cada una de las métricas de control definidas. El objetivo del plan de acción es conocer con seguridad las acciones que se deben ejecutar en caso de presentarse eventualidades en cualquier etapa del sistema VMI o planificación de la distribución para mitigar cualquier falló futuro y realizar las correcciones pertinentes al modelo.

**Tabla 2.14 Plan de acción**

Métrica de control	Plan de reacción
Porcentaje de error para la cantidad de pedido sugerido por SKU	Inspeccionar la cantidad de pedido sugerido por SKU y ajustar de ser necesario considerando el consumo diario de los clientes
	Revisar si es necesario redefinir el método de pronóstico
Porcentaje de clientes en el sistema VMI con pagos pendientes	Gestionar relación con clientes y asegurar próximos pagos
	Revisar el jefe financiero la aprobación de la orden
Cantidad de camiones despachados con carga consolidada	Revisar y asegurar la consolidación de pedidos en el plan de distribución de la siguiente semana
Horas extras en el departamento de logística	
Tasa de cobertura	En caso de generarse desabastos o sobre stocks asumir dichos gastos y verificar pronóstico para evitar futuros inconvenientes

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Resultados

Mediante la simulación manual de una semana, con el nuevo modelo de administración del inventario por el proveedor, realizada en el capítulo anterior, se logró medir el cambio en la variable de respuesta del proyecto: Tiempo de ciclo del procesamiento de un pedido en el centro de distribución de la compañía. Como se puede observar en la figura 3.1, en la serie de tiempo, se evidencia la reducción del tiempo de ciclo para la semana en análisis.

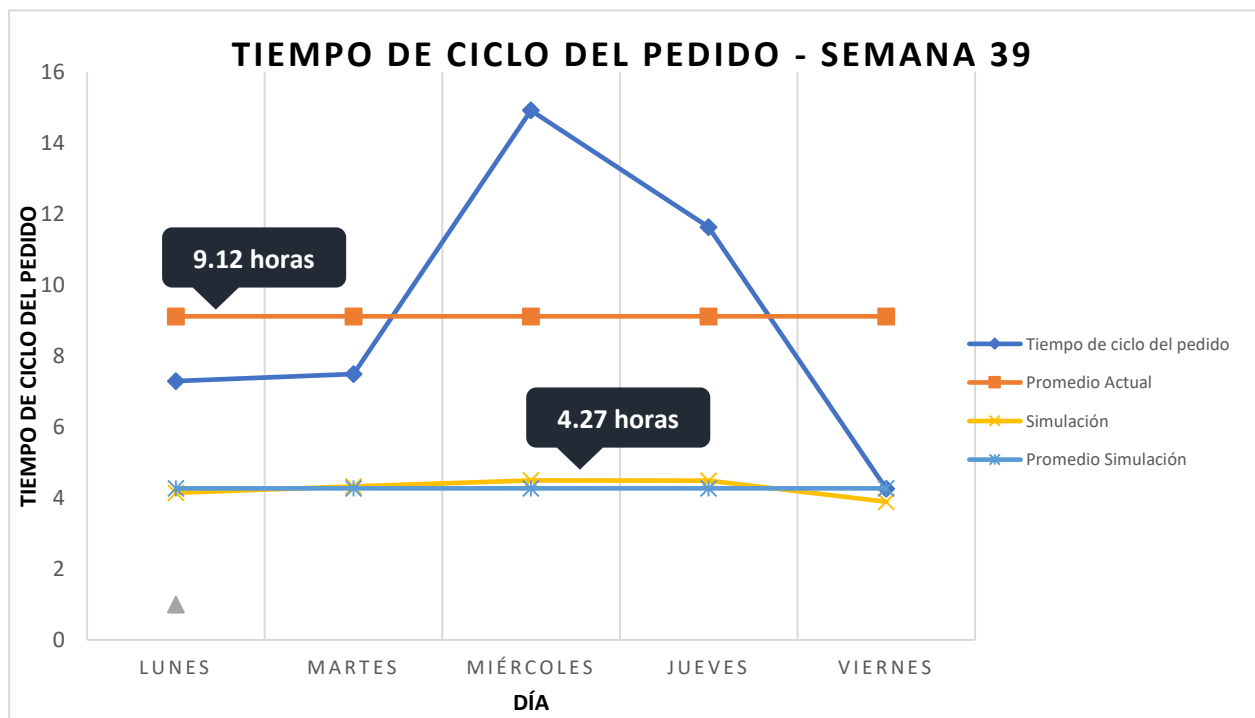


Figura 3.1 Tiempo de procesamiento de un pedido

Adicionalmente, se midió los principales indicadores de gestión para el proyecto identificados en el árbol de características críticas para la calidad, realizado en la etapa de definición de la metodología, que responden a la triple línea base del desarrollo sostenible, es decir, a los aspectos económico, social y ambiental.

Para el pilar económico se realizó la medición del costo de procesar un pedido en el centro de distribución a partir de la reducción del tiempo de procesar un pedido. El costo

de procesar un pedido se cuantificó como la cantidad de horas invertidas por cada uno de los colaboradores asociados al procesamiento de pedidos y relacionándolo con el costo hora/hombre para cada uno de estos colaboradores alcanzando una reducción del 51% en el costo de procesar un pedido, como se puede observar en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Costo de procesar un pedido.**

Métrica	Antes	Después	Porcentaje de reducción
Tiempo de procesar un pedido	8.69 horas/pedido	4.25 horas	-
Costo de procesar un pedido	\$208.11/pedido	\$101.78/pedido	51%

Para el pilar social se realizó la medición del sobretiempo en el departamento de logística generado por el ingreso de órdenes a la compañía a elevadas horas de la tarde. Para su cuantificación, mediante la consolidación de ordenes en la simulación, se determinó la reducción de sobretiempo en el departamento logístico, alcanzando un porcentaje de reducción del 49%, como se puede observar en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2 Sobretiempo en el departamento logística.**

Métrica	Antes	Después	Porcentaje de reducción
Sobretiempo en logística	6294 horas por año	3058 horas por año	49%

Finalmente, para el pilar ambiental se realizó la medición de las emisiones de dióxido de carbono generadas por el proceso de distribución de la compañía a todo el país como se puede observar en la tabla 3.3. Para ello, se cuantificó la cantidad de envíos realizados en la semana de análisis y se lo comparó con la cantidad de envíos generados a través de la simulación por el efecto de consolidación de carga debido a la planificación de la distribución.

**Tabla 3.3 Emisiones de dióxido de carbono.**

Métrica	Antes	Después	Porcentaje de reducción
Envíos semanales	33	51	54%
Emisiones de CO2	1254 kg por semana	805 kg por semana	36%

## 3.2 Análisis Económico

### 3.2.1 Análisis de costos

Finalmente, se realizó un análisis de beneficios y costos para determinar si el proyecto de implementación del sistema de administración de inventario por el proveedor y planificación de la distribución es económicamente viable.

Para el análisis de costos se consideró tres fuentes de costos en las cuales se incurre para ejecutar el sistema, considerando las horas hombre necesarias para cada una de ellas, como se puede observar en la tabla 3.4. Estos son:

- Desarrollo de software y programación de modelos. Para ello, se consideró el salario por hora del jefe de logística de la compañía.
- Desarrollo de clientes y negociación para su inclusión en el nuevo sistema. Para ello, se consideró el salario por hora del asistente comercial que se encargará de gestionar el nuevo modelo de trabajo con los clientes.
- Entrenamiento a colaboradores para uso de nuevo modelo. Se consideró el salario por hora del jefe de logística y del asistente comercial, así como las horas necesarias para recibir la capacitación sobre la funcionalidad del nuevo sistema y el uso de las pantallas respectivas por departamento.

**Tabla 3.4 Análisis de costos del proyecto.**

Descripción	Salario por hora	Horas estimadas Invertidas	Costo
Desarrollo de software	\$19.66	112	\$2,202.00
Desarrollo de clientes y negociación	\$5.69	112	\$637.00
Entrenamiento y capacitación	\$14.18	8	\$112.00
<b>Total</b>			<b>\$2,951.00</b>

### 3.2.2 Análisis de beneficios

Para realizar el análisis de beneficios generados se consideraron dos fuentes principales de ingreso económico o reducción de gasto para la compañía:

- Uso del tarifario más económico debido a los beneficios de la consolidación de carga en el proceso de distribución logística de la organización.
- Reducción de las horas extras generadas en el departamento logístico.

Para el análisis del beneficio económico generado por la consolidación se realizó la comparación entre dos escenarios: manejo de pedidos sin consolidación de carga y proceso de atención de pedido actual contra el manejo de pedidos con consolidación de carga debido a la planificación de distribución generada por el sistema de administración del inventario por el proveedor. Para conseguirlo, se realizó el cálculo del gasto logístico anual en el que incurre la compañía como se puede observar en la tabla 3.5 considerando el uso o no de un tarifario más económico por transportar más de 290 unidades por envío.

**Tabla 3.5 Análisis de beneficios por consolidación de carga.**

Gasto Logístico	Tarifario	Valor
Sin consolidación	Pago tarifario promedio	\$384,645.90
Consolidado	Pago con tarifario mayor a 290 unidades	\$369,650.40
<b>Ahorro en gasto logístico</b>		\$14,995.50

Por otra parte, se consideró el ahorro generado por la reducción de horas extras en el departamento logístico, como se puede observar en la tabla 3.6, generado por el nuevo sistema, asegurando una planificación de distribución óptima que permita realizar todos los despachos dentro del horario laboral normal.

**Tabla 3.6 Análisis de beneficio por la reducción de horas extras en logística.**

Departamento	Concepto	Valor
Logística	Reducción de horas extras	\$14,499.71

**3.2.3 Relación beneficio costo**

Finalmente, para medir la viabilidad económica del proyecto, se realizó la medición del indicador beneficio costo como se puede observar en la figura 3.1, el cual indica en que proporción supera los beneficios del proyecto en comparación con los costos de su desarrollo e implementación.

$$\frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = \frac{\$29,495.21}{\$2,951.00} \approx 10$$

**Figura 3.1 Relación beneficio costo.**

Dado que la relación beneficio costo es mayor a 1, se concluyó que el proyecto es económicamente viable tanto en su implementación como en su ejecución y desarrollo en la organización.

Se concluye que, para el primer año de implementación del proyecto, se espera una ganancia de \$26,544.21 generando así, rentabilidad para la compañía.



# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se redujo el tiempo promedio de procesamiento de un pedido desde su registro en la plataforma web hasta su despacho, en el centro de distribución, en un 49%, superando el objetivo planteado de alcanzar una reducción del 12% para finales de enero del 2020.
- Se desarrolló la propuesta de implementación de un sistema de administración del inventario por el proveedor o VMI por sus siglas en inglés “Vendor Managed Inventory” y una planificación de la distribución generando un ahorro de \$29,495.21 en la compañía.
- Se definieron y cuantificaron indicadores de sostenibilidad que respondan a la triple línea base del desarrollo sostenible. Para el pilar económico se alcanzó una reducción del 51% en el costo de procesar un pedido, para el pilar ambiental se alcanzó una reducción del 36% en las emisiones de dióxido de carbono y para el pilar social se obtuvo una reducción del 74% en las horas extras del área logística, generando satisfacción laboral en los colaboradores.

### 4.2 Recomendaciones

- Considerar a futuro incluir a los clientes con logística propia, es decir, clientes que retiran sus pedidos en el centro de distribución, para incrementar el beneficio generado por la implementación del VMI y la planificación de distribución.
- Realizar mediciones continuas y periódicas de los indicadores de control definidos en el plan de control con el objetivo de asegurar el cumplimiento y eficiencia del sistema VMI en el tiempo.
- Efectuar reuniones periódicas con los principales actores del nuevo sistema VMI y los involucrados de las principales áreas de la compañía para revisar la eficiencia del modelo, así como para identificar mejoras en el sistema para asegurar el cumplimiento de la demanda de los clientes, considerando niveles de inventario y reposición óptimos.

# BIBLIOGRAFÍA

Oláh, J., & Popp, J. (2016). Lean management, six sigma and lean six sigma: Possible connections. *Obuda University e-Bulletin*, 6(2), 25-31. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1945596300?accountid=171402>

Zhan, W. (2016). A lean six sigma project on writing a lean six sigma textbook. *Journal of Management & Engineering Integration*, 9(1), 110-117. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/2044301014?accountid=171402>

Claassen, M. J., Van Weele, A. J., & Van Raaij, E. M. (2008). Performance outcomes and success factors of vendor managed inventory (VMI). *Supply Chain Management: An International Journal*.

Giallombardo, G., Miglionico, G., Nitoglia, L., & Pelle, S. (2019). Production Scheduling and Distribution Planning at FATER SpA. In *A View of Operations Research Applications in Italy, 2018* (pp. 99-111). Springer, Cham.