

Universidad San Francisco de Quito

**Propuesta de Reestructuración del Sistema de Inventario de la
Compañía Automekano de su Línea JCB para sus Instalaciones
de Quito**

Juan Sebastián Mora Vásquez

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero
Industrial

Quito, 28 de Julio del Año 2010

Universidad San Francisco de Quito

Colegio Politécnico

Hoja de Aprobación de Tesis

**Propuesta de Reestructuración del Sistema de Inventario de la
Compañía Automekano de su Línea JCB para sus Instalaciones
de Quito**

Juan Sebastian Mora Vásconez

Ximena Córdova, Ph.D.

Directora de Tesis

.....

Miembro del Comité de Tesis

Verónica León, MSc

Miembro del Comité de Tesis

.....

Daniel Merchán, MSc

Miembro del Comité de Tesis

.....

Fernando Romo, MSc

Decano del Colegio Politécnico

.....

Quito, 28 de Julio del Año 2010

© Derechos de Autor
Juan Sebastian Mora Vásquez
2010

Resumen

Automekano es una empresa dedicada a la comercialización de maquinaria pesada JCB, UD Nissan Diesel y Leeboy Rosco. También comercializa repuestos para todas estas líneas y brinda servicio de mantenimiento. En este documento se realizará un levantamiento del costo de mantener el inventario de repuestos en bodega y del costo de colocación de un pedido, para la línea JCB. Con la información de todos los artículos que Automekano ha comercializado, se realizó un análisis de Pareto para ver los artículos de mayor importancia para el giro del negocio. Luego se prosiguió a la realización una división de los repuestos por clases para poder realizar una agregación de sus ventas y así disminuir el error del pronóstico. Con las ventas agregadas, se realizó un pronóstico de las mismas para poder calcular la Cantidad Económica de Pedido y su Punto de Reorden asumiendo un modelo de Revisión Continua del Inventario. Todo eso para poder comparar la manera que la compañía viene operando en la actualidad y la nueva propuesta en donde se busca optimizar el manejo del inventario de repuestos de JCB.

Abstract

Automekano is a company dedicated to commercializing heavy machinery of the lines JCB, UD Nissan Diesel and Leeboy Rosco. The company also sells spare parts for these machines and provides maintenance support. Through this document we are going to determine the cost of having the inventory in the warehouse and the cost of placing a reposition order, for JCB line. With the information of all the items the company had sold in the last years, a Pareto analysis was made to see the items that had the most influence on the company's business. The most important items were later divided in groups so their sales could be aggregated to reduce the error in the forecast. With the aggregated sales, a forecast of its behavior was done, so the Economic Order Quantity could be calculated. All this analysis was made to compare the way the company was currently handling inventory and find a new proposal so a more efficient spare parts inventory for JCB could be achieved.

Índice General

1. Introducción	1-6
1.1. Descripción de la Empresa	2-3
1.2. Misión	3
1.3. Visión	3
1.4. Justificación del Proyecto	3-4
1.5. Descripción del Problema	4-5
1.6. Alcance del Proyecto	5
1.7. Objetivos del Proyecto	5
1.7.1. Objetivo Final del Proyecto	5
1.7.2. Objetivos Específicos del Proyecto	5-6
2. Marco Teórico de Inventarios	7-11
2.1. Inventario	7-13
2.1.1. Materia Prima	8
2.1.2. Producto en Proceso	8-9
2.1.3. Productos Terminados	8-9
2.1.4. Inventario de Ciclo	9
2.1.5. Inventario de Previsión o de Seguridad	9-10
2.1.6. Inventario en Tránsito	9
2.1.7. Políticas de Revisión de Inventarios	10-11
2.1.8. Tipos de Demanda	11
2.2. Análisis de Pareto	12-13
2.3. Proyección de la Demanda	13-16
2.3.1. Características de los Pronósticos	14

2.3.2. Componentes de un Pronóstico	14-15
2.3.3. Métodos de Pronóstico	15-16
2.4. Manejo Óptimo del Inventario	16-19
2.4.1. Tiempo de Reorden	16
2.4.2. Comportamiento del Reabastecimiento	16
2.4.3. Punto de Reorden	16-17
2.4.4. Inventario de Seguridad	17
2.4.5. Cantidad Económica de Pedido: Sistema de Inventario para Múltiples Artículos	17-19
2.5. Métodos de Pronóstico	19-25
2.5.1. Métodos de Pronóstico: Promedio Móvil	19
2.5.2. Método de Pronóstico: Suavizamiento Exponencial Simple	19-20
2.5.3. Método de Pronóstico: Suavizamiento Exponencial con Corrección por Tendencia (Holt)	20-21
2.5.4. Método de Pronóstico: Suavizamiento Exponencial con Corrección por Tendencia y Estacionalidad (Winters)	21
2.5.5. Errores del Pronóstico	21-22
2.5.6. Regresión Lineal	23-24
2.5.6.1. Comprobación de una Regresión Lineal	24-25
2.6. Economías de Escala	25-26
2.7. Activo Circulante	26
2.8. Interés Simple	26-27
2.9. Zeus	27
2.10. JDS	27
2.11. INTER	28

2.12.Último Costo	28
2.13.Costo Unitario	28
2.14.Maquinaria JCB	28-29
3. Entorno de la Compañía	30-33
3.1. Manejo por Parte de la Empresa de su Sistema de Inventario	30-31
3.1.1. Importación de los Repuestos	31
3.2. Objetivos y Metas de la Empresa	31-32
3.3. Factores Externos que Afectan a la Empresa	32-3
3.3.1. Impacto de JCB Internacional sobre la Compañía	32
3.3.2. Impacto de las Políticas Comerciales de Ecuador Sobre la Compañía	32-33
4. Presentación de la Información Obtenida	33-45
4.1. Costo de Mantener el Inventario para la Línea JCB en Quito	33-41
4.1.1. Espacio Ocupado de las Bodegas en Quito por la Línea JCB	33-37
4.1.2. Costo de Manejo de Bodegas	37-38
4.1.3. Costo de Asegurar el Inventario de JCB	38-39
4.1.4. Costo de Inspeccionar el Inventario	39-41
4.2. Costo de Oportunidad de Invertir en Repuestos	42
4.3. Costo de Colocación de un Pedido	42-45
5. Ejecución y Análisis de los Modelos	46-
5.1. Obtención de los Datos	46
5.2. Organización de la Información	47-48
5.3. Estructuración de la Información para las Proyecciones	48-58
5.3.1. Ejecución del Pronóstico: Promedio Móvil Simple	51-52

5.3.2. Ejecución del Pronóstico: Suavizamiento Exponencial	
Simple	53-54
5.3.3. Ejecución del Pronóstico: Suavizamiento Exponencial	
Simple con Corrección por Tendencia	54-56
5.3.4. Ejecución del Pronóstico: Suavizamiento Exponencial	
Simple con Corrección por Tendencia y Estacionalidad	57
5.3.5. Resultados de los Pronósticos	57-58
5.4. Cantidad Económica de Pedido	58-63
5.5. Análisis de Resultados	63-65
5.6. Política de Manejo del Inventario	65-68
6. Conclusiones y Recomendaciones	69
6.1. Conclusiones	69-70
6.2. Recomendaciones	70-73
Bibliografía	74-76
Anexos	77-117

Índice de Tablas

1. Porcentajes a Utilizar para el Análisis de Pareto	12
2. Maquinaria JCB	29
3. Clasificación del Inventario de Automekano	31
4. Áreas de las Instalaciones	35
5. Área Total Ocupada por las Piezas o Partes de JCB en las Bodegas de Automekano Quito	36
6. Sueldo Base Promedio de los Técnicos de Taller	40
7. Costo por Ocupación en Inspección del Inventario	41
8. Costo de Mantener el Inventario en Bodega	42
9. Tiempo Incurrido en la Colocación de un Pedido y Salario de los Involucrados	43
10. Costo de Colocación de un Pedido por Empleado	45
11. Diferencia entre Valores de Automekano y el JDS Eliminados los Artículos sin Movimientos	47
12. Resultados BHL para el Método de Promedio Móvil Simple	51
13. Mejores Resultados para cada Clase del Modelo de Promedio Móvil	52
14. Resultados BHL para el Método de Suavizamiento Exponencial Simple	53
15. Mejores Resultados para cada Clase del Modelo de Suavizamiento Exponencial Simple	54
16. Resultados de la Regresión Lineal para la Clase BHL	54
17. Resultados BHL para el Método de Holt	56
18. Mejores Resultados para cada Clase del Modelo de Holt	56
19. Resumen para las BHL de los Mejores Resultados para cada	

Método	57
20. Resultados del Método de Holt a Utilizarse para el Cálculo del EOQ	58
21. Cantidad Económica de Pedido y Punto de Reorden	60
22. Cantidad de Pedidos a Realizarse en un Año	61
23. Inventario de Seguridad	62
24. Cantidad Económica de Pedido para que el Total del Inventario sea un Activo Circulante	65

Índice de Figuras

1. Colocación de un Pedido	44
2. Pareto, Artículos más Demandados	48
3. Pareto, Artículos de Mayor Ingreso	49
4. Diagrama de Dispersión BHL	51

1.0 Introducción

El análisis que se realiza a continuación tiene como objetivo principal realizar una propuesta de reestructuración del sistema de inventario de repuestos de la compañía Automekano, en la línea Joseph Cyril Bamford (JCB), para lograr una mayor eficiencia en el manejo del mismo y así obtener ahorros importantes de recursos.

Lo primero que se necesita es comprender y analizar las políticas actuales de la empresa, la forma que viene trabajando con su sistema de inventario, las políticas de re-abastecimiento, y el control del mismo. Además revisar como Automekano está trabajando para incrementar la satisfacción de sus clientes, la rentabilidad del dinero de la empresa y la estrategia detrás de captar nuevos mercados. Es importante también considerar los factores externos que pueden afectar las decisiones y desarrollo de la empresa, lo mismo que se presentará en el Capítulo 3.

Una vez entendidas las condiciones actuales, se revisarán las ventas de los últimos 21 meses en esta línea y con esto realizaremos proyecciones del posible comportamiento de las ventas, para así obtener la Cantidad Económica de Pedido (EOQ) al momento de realizar el reabastecimiento como se muestra en el capítulo 5.

Para la obtención del EOQ, se necesitará obtener cierta información que actualmente la compañía no maneja como el costo de colocación de un pedido, el costo de mantener los artículos en bodega y el costo de los artículos a su arribo en bodega. Con estos valores se podrá obtener la cantidad a pedirse, la cantidad de pedidos en un año y el inventario de seguridad que la empresa debería

manejar para incrementar la satisfacción de sus clientes y la rentabilidad de su inversión presentado en el capítulo 4.

Finalmente se realizará una comparación entre como la empresa viene operando hoy en día y la nueva propuesta de reestructuración, para así evaluar la efectividad de cada método y obtener el manejo ideal del inventario de repuestos, lo cual se presentará en el capítulo 5.

1.1 Descripción de la Empresa

Según Santiago Vásquez (Gerente General), Automekano es una empresa que se dedica a la importación y comercialización de maquinaria pesada J.C. Bamford Excavators Limited (JCB), camiones UD Nissan Diesel y Leeboy Rosco; a la importación y venta de repuestos, y al mantenimiento o reparación de la maquinaria, ajustándose a los niveles de exigencia, garantías y excelencia de las marcas que representa en el Ecuador. De las marcas mencionadas, JCB es su principal producto en cuanto a ventas y facilidades prestadas para el giro del negocio. Se debe aclarar que la compañía UD Nissan Diesel es completamente independiente a la compañía dedicada a la fabricación y comercialización de vehículos Nissan.

Actualmente Automekano cuenta con oficinas en Quito, Guayaquil y Ambato para así lograr una mayor captación de clientes, y tener mejor capacidad de respuesta a los clientes con los requerimientos de mantenimiento. Esto es vital porque el mantenimiento o reparación de la maquinaria pesada se debe realizar en el lugar en donde ésta se encuentra operando por la dificultad y el costo que representa movilizar la misma hasta los talleres de la empresa.

A pesar de ser una compañía nueva, Automekano ha logrado crecer a un ritmo mayor al proyectado originalmente. Automekano fue creada hace apenas 5 años y en el momento actual cuenta con más de 80 empleados y constantemente recluta gente nueva para así poder mantener su ritmo de crecimiento, excelencia y posicionamiento.

1.2 Misión

Automekano

Ser líderes en el mercado ecuatoriano, en la comercialización de equipos para la construcción y transporte de servicio pesado(Garcés, 2009).

1.3 Visión

Automekano

Proveer maquinaria y vehículos de alta calidad y desempeño, que satisfagan las necesidades de nuestros clientes, a través de colaboradores honestos, leales, que trabajen en equipo; teniendo como fin la excelencia en el servicio al cliente interno y externo; manteniendo una relación transparente con proveedores y contribuyendo al desarrollo del país (Garcés, 2009).

1.4 Justificación del Proyecto

Automekano es una empresa que se rige por la normativa internacional impuesta por las marcas que comercializa. En el caso de Repuestos de JCB, que es en donde se centrará este proyecto, Casa Matriz exige que la compañía tenga el 80% de partes y piezas a disponibilidad inmediata para realizar mantenimiento de la maquinaria según las horas de uso de la misma (equivalente al mantenimiento automotriz por el kilometraje), o para la

reparación de daños ya sea por garantía, desgaste de las piezas o mala utilización de la maquinaria (S. Vásconez, 2009). Considerando estos parámetros se necesita optimizar qué piezas adquirir, cuánto se debe tener de cada una en las 3 bodegas y la cantidad de dinero optima que se debe invertir en inventario. Siempre tomando en cuenta mantener o incrementar los niveles de satisfacción de los clientes, optimizar el crédito que fábrica otorga para la compra de repuestos, y mantenerse dentro de los lineamientos de Casa Matriz.

1.5 Descripción del Problema

Automekano es una empresa que se encuentra aun cruzando una etapa de aprendizaje respecto a las tendencias de ventas y el manejo adecuado de sus inventarios. Esto implica que aun falten establecer ciertos parámetros para el manejo de la empresa. Una de las políticas que aun no se tiene definido son los niveles óptimos de inventarios.

Adicionalmente, en los últimos años (2008 y 2009) el gobierno decretó diferentes Estados de Emergencias respecto a obras en carreteras y esto ocasiono que se tenga ventas más altas de las proyecciones normales de mercado. Esto dificulto aún más el manejo planificado de inventario, pues mensualmente variaban las proyecciones. (S. Vásconez, 2009).

Actualmente la empresa tiene 3 talleres y bodegas, y un problema que se tiene es que no se ha logrado establecer una distribución correcta de la cantidad de piezas que se debe tener en cada uno de los talleres de la compañía. Esto hace que en varias ocasiones se envíen repuestos desde Quito hacia Guayaquil o Ambato y se incremente los costos por la movilización. Adicionalmente gran parte de la mercadería arriba al país por el puerto de Guayaquil y esta se la

envía a Quito, cuando un porcentaje debería mantenerse en dichas oficinas. Este problema se incrementa aun más cuando se considera la cantidad de tiempo que se tiene a los técnicos fuera de Quito esperando por los repuestos y la compañía tiene mayores gastos que se podrían omitir o disminuir.

1.6 Alcance del Proyecto

El proyecto que se realiza para la compañía Automekano tendrá como finalidad el proponer la optimización en el manejo del inventario de repuestos de la línea JCB, analizando los datos de la agencia ubicada en la ciudad de Quito, que es la principal oficina en ventas de repuestos JCB. El proyecto buscará incrementar la satisfacción de los clientes, minimizar las ventas perdidas y optimizar los recursos. Con esto se podrá mejorar la capacidad para intervenir en las licitaciones convocadas por los diferentes entes gubernamentales y la captación de nuevos negocios (S. Vásconez, 2009).

1.7 Objetivos del Proyecto

1.7.1 Objetivo Final del Proyecto

Proponer la optimización del sistema actual de inventario de repuestos para la marca JCB en las instalaciones de Quito, para maximizar el rendimiento de la inversión de dinero y el desempeño de la empresa con sus clientes.

1.7.2 Objetivos Específicos del Proyecto

- Identificar el sistema de inventario que está manejando actualmente la empresa y las partes que componen el mismo.

- Reconocer las políticas de abastecimiento por parte de los proveedores.
- Conseguir obtener un 80% de partes y piezas en disponibilidad inmediata utilizando proyecciones del consumo de los artículos, los cuales son seleccionados mediante un análisis de Pareto y su cantidad de pedido en base a la Cantidad Económica de Pedido (EOQ).
- Establecer un límite de presupuesto que se debe tener invertido en repuestos en base al promedio de lo propuesto por el EOQ.
- Proponer una política para el manejo del inventario que ayude a la empresa a conseguir sus metas interpretando los resultados obtenidos de cada herramienta.

2. Marco Teórico de Inventarios

2.1 Inventario

De acuerdo a la enciclopedia Larousse, inventario es la valoración de los bienes, derechos y obligaciones de una empresa; además expresa la estructura de su patrimonio en un momento dado (5268). En el caso del profesor Lauro Soto, el inventario es el conjunto de artículos o mercaderías que tiene una empresa para comerciar con los mismos, sirven para la compra y venta, o la fabricación de un bien, incrementando su valor agregado antes de venderlo dentro de un periodo de tiempo. Estos deben ser considerados como un activo circulante en una compañía. De igual manera se debe tener en cuenta el concepto planteado por Chopra y Meindl que nos dicen que este abarca toda la materia prima, el trabajo en proceso y los bienes terminados dentro de la cadena de suministro (45).

El objetivo primordial de manejar el inventario es “mantener una cantidad adecuada de artículos para que la empresa alcance sus prioridades competitivas con la mayor eficiencia (Universidad de B.A., 3). De igual manera, como establecen Chopra y Meindl, la administración del inventario es utilizada para hacerle frente a la variabilidad predecible mediante una combinación de métodos. El primer método es el de fabricar componentes comunes que se puedan utilizar en múltiples productos; de esta manera es más fácil el acumular inventario de los productos que posean demanda alta o predecibles (244).

Dentro de las funciones que tiene el manejo de inventario es separar los procesos de producción y distribución, estar provisto de lo que el cliente vaya a

necesitar, aprovechar descuentos por cantidad mediante el manejo de economías de escala y protegerse de la fluctuación de precios del mercado (Chopra y Meindl, 51). Debido a que existen varios tipos de inventarios, se crearon clasificaciones con la finalidad de poderlos agruparlos: materias primas, producto en proceso y productos terminados según la fase del proceso en la que se encuentran (Del Paz, 6). También existen agrupaciones para el inventario según su función siendo estas: inventario del ciclo, de seguridad, de previsión, en tránsito y materiales y suministros (Chopra y Meindl, 51).

2.1.1 Materia Prima

Según Hopp, las materias primas son la principal fuente de ingreso para que comience o arranque un sistema de producción. La enciclopedia Larousse establece que estas son los productos básicos que intervienen en la transformación o consumición en los procesos de fabricación (6301). También se debe tener en cuenta el concepto que maneja Lauro Soto que establece que, en toda actividad que sea considerada industrial, se utiliza una variedad de artículos y materiales, que serán sometidos a un proceso para generar un producto acabado o terminado con el fin de incrementar su valor agregado. Dicho en otras palabras, son aquellas cosas que se las modifica para incrementar el valor agregado de un producto; siendo el producto terminado lo que la empresa comercializará.

2.1.2 Producto en Proceso

Hopp establece en su libro que, los productos en proceso son los productos que están dentro de una línea de producción y que están todavía

siendo trabajados. Estos ya han comenzado su proceso de transformación en otro bien y ya se ha invertido una parte del total de dinero que se gastará en el mismo para generar el producto final (217).

2.1.3 Productos Terminados

Son todos los productos que ya han pasado por todas las etapas de la fabricación y han llegado a su máximo nivel de valor agregado y serán almacenados para su futura comercialización (Hopp, 217). La cantidad de producto terminado que una industria maneje estará sujeto a la cantidad que demande el mercado, a un análisis para la disminución de su costo de producción y los niveles de satisfacción que la compañía quiera manejar (Chopra y Meindl, 52).

2.1.4 Inventario del Ciclo

Este tipo de inventario se maneja debido a picos y caídas muy abruptas que la demanda pueda llegar a tener (Chopra y Meindl, 53). Dentro de los factores que pueden determinar el manejo de un inventario de ciclo es el caso de las temporadas climáticas, inicio de clases, entre otras, según el producto que se comercializa (Hopp, 585). Por esto se debe manejar los flujos de la demanda del artículo de manera diferente a los que tienen un consumo más regular (Del Paz, 7).

2.1.5 Inventario de Previsión o de Seguridad

Este es el inventario que se tiene para poder absorber las irregularidades que puedan llegar a presentarse en la tasa de venta o de reabastecimiento por causas anormales y poco predecibles por parte de la empresa (Chopra y

Meindl, 52). Dicho de otra manera, y como lo establece Campbell en su libro, este es la cantidad promedio de existencias que se tiene en la empresa el momento que llegan las órdenes de reabastecimiento (244). Así se incrementa la satisfacción del cliente al no tener escasez; pero no se debe tener en exceso para evitar tener dinero ocioso (Del Paz, 9).

2.1.6 Inventario en Tránsito

Según Ballou, estas son las mercaderías en tránsito que están en los diferentes medios de transporte y que aun no llegan al lugar donde usualmente se mantiene el inventario (374). Es decir, son “los pedidos realizados no recibidos (Inventario, Universidad de B.A., 9).”

2.1.7 Políticas de Revisión de Inventarios

La política para revisar un inventario es la disciplina que se utiliza para ordenar y controlar los bienes que tiene una empresa, sumando los arribos de mercadería y restando las ventas realizadas (Dixon, 237). Se las puede dividir en: revisión periódica o Q/R (continua) (Ebert y Everret, 457).

La revisión periódica es controlar el inventario en intervalos de tiempo definidos, según se crea conveniente para la empresa o el tipo de negocio. Dentro de esta política hay subpolíticas que son: de reposición bajo un punto de quiebre o la de reorden. En este caso la reposición del inventario y su control se da cuando el nivel de existencias del ítem llega a su punto mínimo aceptable (Ebert y Everret, 419).

La revisión Q/R o continua, se da cuando se tiene un control constante sobre el inventario y sus niveles, y le permite a la empresa tener un mejor

manejo de su bodega de repuestos y tomar decisiones más rápidas para la reposición de los mismos, dándole a la empresa mayor capacidad de respuesta (Ebert y Everret, 417).

Ebert y Everret, en su texto, comparan las ventajas y desventajas de cada uno de los dos sistemas mencionados y se puede establecer que la revisión periódica requiere menos gente haciendo el conteo, menos inversión y menos tiempo para calcular los niveles de inventario pero necesita tener más items en bodega para protegerse de un comportamiento inusual de las ventas (457).

2.1.8 Tipos de Demanda

Existen dos tipos de demanda para los productos finales: dependientes o independientes (Hopp, 110) y este determinará con que método se trabaja en cada empresa.

Demanda independiente es aquella que determina que la cantidad que se tenga de un bien, no dependerá sólo de las decisiones internas, sino que se verá afectada por las condiciones del mercado. (Hopp,110).

La demanda dependiente es cuando la cantidad requerida de un bien estará sujeta a uno o varios factores externos y esta se verá afectada por los artículos independientes (Hopp, 110). Dentro de las restricciones que un artículo puede tener para que sea dependiente, es que éste no sea funcional por si solo, o que en el momento de negociar entre la empresa y el cliente, el acuerdo de compra tenga restricciones en los contratos generados (Bellini).

2.2 Análisis de Pareto

Como Billington, Mcleavey y Narasimhan establecen, no todos los servicios dados a los clientes, ni la venta de todos los productos de una empresa, generan el mismo ingreso para la compañía, por lo que se los debe priorizar para tener un control más exhaustivo y minucioso. Esto se reflejará automáticamente en la satisfacción de los clientes y en el aumento de los ingresos por su venta. Este análisis consiste en seleccionar entre el 15 y 20% de los artículos que maneja la compañía y que representen el 80% de la inversión y se los clasifica como categoría A. En la categoría B se encuentra entre el 30 y 40% de los artículos y representan el 15% de la inversión. Por último, a todo el resto de artículos se les coloca en la categoría C y representa el 5% de la inversión, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Porcentajes a Utilizar para el Análisis de Pareto

Categoría	% de Dinero	% De Artículos
A	80%	15-20%
B	15%	30-40%
C	5%	40-55%

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Para el análisis se debe trabajar con rangos de porcentajes de artículos porque no todos los negocios tienen el mismo comportamiento. La teoría de los rangos difiere según el autor, como es el caso de Duffuaa quien sostiene que en la categoría B se encuentran el 20% de los factores (repuestos) que producen entre el 15 y 20% de dinero. Las otras dos categorías se maneja de la misma manera (267).

Debido a que los porcentajes en cada categoría no son fijos, el criterio de la persona que realizará el análisis tiene un peso importante. En este tipo de

análisis se debe tener en cuenta lo que se espera averiguar, porque se puede realizar el diagrama de Pareto en base a la satisfacción del cliente o de las ganancias la empresa (Del Paz, 29).

Una vez realizado el análisis anterior, y si la empresa tiene agencias o sucursales, se sugiere que se distribuyan los artículos de la categoría A entre las mismas según la proyección de consumo. Los artículos de la categoría B deben tener una estrategia intermedia en su distribución y los artículos de la categoría C deben estar centralizados con el fin de minimizar sus costos de movilización (Del Paz, 22).

2.3 Proyección de la Demanda

Chopra y Meindl, en su libro establecen que, para pronosticar la demanda se debe basar en la planificación de la cadena de suministros. Se puede considerar dos enfoques: de empuje o de tirón según el comportamiento de la demanda o las políticas de la empresa. Dentro del enfoque de empuje, todos los procesos de la compañía se realizan basándose en la anticipación de lo que el cliente vaya a requerir. Los procesos de tirón es el opuesto porque la compañía reacciona basándose en un pedido del cliente (187).

Para el proceso de empuje, Chopra y Meindl establecen, que el gerente o la persona a cargo del proceso debe planear el nivel de actividad, ya sea en producción, transporte, utilización de recursos o cualquier otra variable que sea parte del giro del negocio. Para el proceso de tirón, se debe tener un panorama claro de la capacidad de respuesta de la empresa y su inventario, pero no será la cantidad real que será ejecutada. Cualquiera que sea el proceso con el que se trabaje, la persona a cargo deberá realizar proyecciones con la información

que maneje para preveer los diferentes escenarios y poder tomar decisiones lo más acertadas posibles (187).

2.3.1 Características de los Pronósticos

Chopra y Meindl dicen que los pronósticos tienen características importantes que se deben considerar cuando se vaya a trabajar con los mismos. Los pronósticos nunca serán exactos, por lo que se debe manejar dos valores: lo que se esperaría obtener o el valor exacto pronosticado y además una media del error. Además, siempre se debe considerar que los pronósticos a corto plazo son más precisos que los realizados a largo plazo. Otra característica fundamental es que los pronósticos agregados en la mayoría de casos son más precisos que los desagregados, debido a que su desviación estándar es menor con relación a la de su media. Por último, las proyecciones son menos certeras mientras más arriba de la cadena de suministros se encuentre la compañía (189).

2.3.2 Componentes de un Pronóstico

Para los componentes de un pronóstico, Chopra y Meindl establecen que una compañía, sin importar el tipo de actividad que realice, debe considerar numerosos factores que están relacionados con la proyección de la demanda que vaya a tener. Dentro de estos factores se encuentran:

- Demanda pasada
- Tiempo de entrega del producto
- Publicidad planeada o campañas de mercadeo
- Estado de la economía

- Descuentos de los precios planeados
- Acciones que la competencia haya realizado (189)

2.3.3 Métodos de Pronóstico

Existen cuatro métodos para la realización de pronósticos que son: cualitativos, series de tiempo, causal y simulación (Chopra y Meindl, 190).

Los cualitativos se caracterizan por ser subjetivos y son apoyados en el criterio de las personas. La principal utilización es cuando no se tiene datos históricos disponibles o relevantes. De igual manera este se lo utiliza cuando se tiene información de otro tipo como puede ser una investigación de mercado (Chopra y Meindl, 190).

El método de series de tiempo se caracteriza por utilizar la demanda histórica para poder proyectar. Este se basa en que la información pasada es significativa y servirá como un indicador de lo que pase a futuro. Este método es usado principalmente cuando no se tienen variaciones grandes en el comportamiento de la demanda de un año al otro (Chopra y Meindl, 190).

Los métodos de pronóstico causal se los utiliza cuando se conoce que la demanda de artículos esta correlacionada con ciertos factores del ambiente como puede ser la economía, tasas de interés, entre otros. Algo importante de estas proyecciones es que sirven mucho para establecer los precios de los productos y darle mayor importancia a economías de escala (Chopra y Meindl, 190).

El último método es el de pronosticar utilizando simulaciones. Este tiene como principio el imitar las decisiones que los clientes podrían tomar. Dentro de este método se puede combinar el método de series de tiempo y causales;

a pesar de ser el más complejo de aplicar, puede llegar a ser el más acertado porque maneja mayor cantidad de información (Chopra y Meindl, 190).

2.4 Manejo Óptimo del Inventario

2.4.1 Tiempo de Reorden

Es el tiempo que toma desde que se pone una orden para reponer el inventario hasta que el mismo llega a las instalaciones de la compañía. Este puede compararse de manera determinista o probabilística y además pueden ser constantes o con variación de su tiempo (Elsayed y Boucher, 65).

2.4.2 Comportamiento del Reabastecimiento

Es la forma como el inventario llega a las instalaciones de la compañía. Este puede comportarse de las siguientes maneras: uniforme, en baches, potenciado (con una curvatura cóncava o convexa) o de manera instantánea (Elsayed y Boucher, 66).

2.4.3 Punto de Reorden

Es el nivel de inventario en donde las órdenes de reposición deberían ser colocadas para reponer el consumo del inventario. Está en función del tiempo de reorden, porque es la demanda diaria por el tiempo de arribo de los artículos (Elsayed y Boucher, 65). Bellini establece que el punto de reorden, o el nivel de stock donde se debe colocar un pedido, cuando la revisión del inventario es continua se deben tomar en consideración los siguientes factores como se describe a continuación y se los utiliza en el ecuación 2.1.

- m = consumo de artículos durante el tiempo de espera

- Z = factor de seguridad (se lo obtiene de la distribución normal)
- s = inventario de seguridad
- σ_{t_L} = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera
- σ = desviación estándar diaria de la demanda
- d_L = demanda diaria promedio
- t_L = tiempo de espera (tiempo de reorden)

$$\begin{aligned}\sigma_{t_L}^2 &= t_L * \sigma^2 \\ \sigma_{t_L} &= \sqrt{t_L * \sigma^2} \\ \text{Punto de Reorden (r)} &= m + s = d_L * t_L + Z * \sigma_{t_L}\end{aligned}\quad (2.1)$$

2.4.4 Inventario de Seguridad

Es el inventario que se maneja en las instalaciones para prevenir desabastecimiento debido a la incertidumbre de la demanda. Este está sujeto al tiempo de reorden o de reabastecimiento (Elsayed y Boucher, 66).

$$s = r - m = Z * \sigma_{t_L}$$

2.4.5 Cantidad Económica de Pedido: Sistema de Inventario para Múltiples Artículos

Como establecen Elsayed y Boucher, la mayoría de negocios utilizan más de un tipo de artículo en sus inventarios y se los puede tratar de manera independiente, siempre y cuando no se tenga restricciones de presupuesto o espacio. Como este no es el caso en este análisis, se proseguirá a determinar la Cantidad Económica de Pedido o EOQ (Economic Order Quantity) por sus siglas en inglés y se necesitan los siguientes datos (79, 80):

- D = demanda anual del producto.
- A = costo fijo incurrido por pedido.
- C = costo por unidad.
- i = costo de mantener el inventario por año como fracción del costo del producto.

Con estos datos se aplicará la siguiente ecuación para obtener la cantidad óptima de pedido como se muestra en la ecuación 2.2 (Chopra y Meindl, 265):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{iC}} \quad (2.2)$$

Para poder obtener la cantidad de pedidos que la empresa incurrirá en base a la cantidad económica de pedido se calcula como se muestra en la ecuación 2.3 mediante la división de la demanda anual por la Q^* óptima (Chopra y Meindl, 271):

$$\text{Cantidad de Pedidos} = \frac{D}{Q^*} \quad (2.3)$$

Como establecen Elsayed y Boucher en su libro, para cuando el inventario se lo revisa de forma continua, el punto o nivel de reorden del inventario esta expresado por una multiplicación entre la demanda diaria pronosticada y el tiempo de reorden de los productos (65).

Una vez calculada la cantidad económica de pedido, se procede a obtener el costo total anual que la empresa incurrirá en cuanto al manejo de su inventario como se presenta en la ecuación 2.4. Este valor se compone del gasto en la adquisición de los artículos, costo de la colocación de pedidos y el costo de mantener los artículos en bodega (Chopra y Meindl, 265) .

$$\text{Costo Total Anual} = \left(\sum_{i=1}^n C_i D_i \right) + \left(\frac{D}{Q} S \right) + \left(\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2} i C_i \right) \quad (2.4)$$

2.5 Métodos de Pronóstico

2.5.1 Métodos de Pronóstico: Promedio Móvil

Este método se emplea cuando la demanda no tiene tendencia o estacionalidad. En este caso, el componente sistemático¹ es igual al nivel o a la demanda sin estacionalidad. Con este método, el nivel para un periodo t , se determina en base al cálculo del promedio de la demanda para n periodos. La cantidad de valores n se establece cuando se tenga un nuevo valor, se elimina el último y se agrega el nuevo para su cálculo (Chopra y Meindl, 198).

2.5.2 Método de Pronóstico: Suavizamiento Exponencial

Simple

Chopra y Meindl establecen que este método es el más apropiado cuando la demanda no tiene una tendencia o estacionalidad observable. El componente sistemático es igual al nivel. En este método, se toma el estimado inicial del nivel L_0 , para que este valor sea el promedio de los datos históricos debido a que se asume que la demanda no presenta tendencia o estacionalidad. Para esto se tiene los datos de la demanda en los periodos desde 1 hasta n y se lo calcula como está en la ecuación 2.5.

$$L_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (2.5)$$

¹ Componente Sistemático: mide el valor esperado de la demanda en un nivel (Chopra y Meindl, 190).

El estimado para todos los periodos futuros es igual al estimado actual del nivel. Después de observar la demanda D_{t+1} para el periodo $t + 1$, se revisa el estimado del nivel de la siguiente manera, como se muestra en la ecuación 2.6

$$L_{t+1} = \alpha * D_{t+1} + (1 - \alpha)L_t \quad (2.6)$$

Del cálculo visto anteriormente, α es una constante de suavizamiento para el nivel, en donde α esta entre 0 y 1. Este valor debe ser más grande mientras mayor sea la tasa de crecimiento y así incrementar su reacción (199,200).

2.5.3 Método de Pronóstico: Suavizamiento Exponencial con Corrección por Tendencia (Modelo de Holt)

Chopra y Meindl establecen en su libro que este método es el adecuado cuando se asume que la demanda tiene un nivel y una tendencia, pero no se presenta estacionalidad. Para este caso el componente sistemático sería igual al nivel más su tendencia. En este método se obtiene el estimado del nivel y su tendencia mediante el cálculo de la regresión lineal entre su demanda y el periodo. Para un periodo t , dados los estimados del nivel L_t y su tendencia T_t , el pronóstico para los siguientes periodos futuros se expresa como se muestra en la ecuación 2.7.

$$F_{t+1} = L_t + T_t \quad \text{y} \quad F_{t+n} = L_t + nT_t \quad (2.7)$$

Luego, se observa la demanda para el periodo t y se revisan sus estimado para el nivel y la tendencia como se muestra en la ecuación 2.8.

$$\begin{aligned} L_{t+1} &= \alpha * D_{t+1} + (1 - \alpha)(L_t + T_t) \\ T_{t+1} &= \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta) * T_t \end{aligned} \quad (2.8)$$

En este caso α es una constante de suavizamiento para el nivel y β es una constante de suavizamiento para la tendencia en donde las 2 constantes debes tener valores entre 0 y 1 (200, 201).

2.5.4 Método de Pronóstico: Suavizamiento Exponencial con Corrección por Tendencia y Estacionalidad (Modelo de Winter)

Chopra y Meindl establecen que este método es adecuado cuando la demanda tiene un nivel, una tendencia y un factor estacional. Para este caso el componente sistemático de la demanda esta dado por su nivel más su tendencia y a este valor se lo multiplica por un factor de la estacionalidad. Para este método se necesita los estimados del nivel, la tendencia y los factores para cada estacionalidad. De igual manera, se trabaja con un componente de suavizamiento para el nivel, la tendencia y la estacionalidad entre 0 y 1 (202).

2.5.5 Errores Utilizados en los Pronósticos

MSE (Mean Square Error): este error se refiere al error cuadrático medio el cual se relaciona con la varianza del error del pronóstico como esta descrito en el ecuación 2.9 (Chopra y Meindl, 203).

$$MSE_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t^2 \quad (2.9)$$

E_t : este es el error que existe entre la demanda y el pronóstico calculado para un periodo t como esta descrito en la ecuación 2.10 (Chopra y Meindl, 205).

$$E_t = \text{Demanda}_t - \text{Pronostico}_t \quad (2.10)$$

A_t : este valor es la desviación absoluta del error para un periodo de tiempo establecido como esta descrito en la ecuación 2.11 (Chopra y Meindl, 204).

$$A_t = |E_t| \quad (2.11)$$

MAD_n (*Mean Absolute Deviation*): este se refiere al promedio de la desviación absoluta de todos los periodos (n) analizados y se lo obtiene como esta descrito en la ecuación 2.12 (Chopra y Meindl, 204).

$$MAD_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A_t \quad (2.12)$$

$MAPE_n$ (*Mean Average Percentual Error*): este es el error absoluto promedio expresado como un porcentaje de la demanda que presenta el artículo y se lo obtiene como esta descrito en la ecuación 2.13 (Chopra y Meindl, 204).

$$MAPE_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right| 100}{n} \quad (2.13)$$

TS_t (*Tracking Signal*): este es el cociente entre el sesgo y el MAD. El indicador de que el pronóstico esta dando información significativa, es que esté dentro de negativo 6 y positivo 6. En el caso de que esté fuera de este rango, se determina que el pronóstico tiene sesgo y está subpronosticado si el TS es inferior a menos 6, o sobrepronosticado si está sobre 6. Si la señal esta fuera de rango, se deberá buscar un nuevo método de análisis y este cálculo se lo obtiene como esta descrito en la ecuación 2.14 (Chopra y Meindl, 204).

$$TS_t = \frac{\sum_{t=1}^n E_t}{MAD_t} \quad (2.14)$$

2.5.6 Regresión Lineal

Como el autor Edwin Galindo establece en su libro, la regresión lineal es un cálculo en donde se busca obtener una ecuación que relacione una variable dada, con una o más variables que contienen información sobre la primera. Se debe tener en consideración que para un modelo en el que una o más variables son de naturaleza aleatoria, se los denomina probabilísticos, y a la determinación y examen de la calidad del modelo encontrado, se lo llama análisis de regresión. Entre las más importantes aplicaciones del análisis de regresión están: descripción cuantitativa de las relaciones entre una variable dada y un conjunto de variables, interpolación entre valores de una función y predicción y pronóstico de datos (303, 304).

Gallardo dice que cuando se trabaja con un modelo lineal simple, la relación de los datos estará expresada en forma de una ecuación, donde los valores de los datos se interceptan con el eje y (β_0), la pendiente de la recta (β_1) y el componente aleatorio del error (ε) como se ejemplifica en la ecuación 2.15.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (2.15)$$

En este modelo a la variable dependiente se la denomina predictora y a la variable independiente se la llama respuesta (305).

Otro aspecto importante que Gallardo presenta son ciertos pasos que llevan a estimar un buen modelo:

1. Tener una visión clara de los objetivos del estudio para poder determinar cuál debe ser la variable respuesta y que variables pueden incluirse como variables independientes.

2. Recopilar los datos correspondientes a las variables identificadas como dependientes e independientes.
3. Postular un modelo, al que se ajusten los datos.
4. Determinar la ecuación de regresión; es decir, estimar los coeficientes del modelo propuesto.
5. Comprobar estadísticamente la adecuación del modelo. En este paso se incluye la realización de pruebas estadísticas sobre parámetros, la ejecución de transformaciones de las variables para obtener un mejor ajuste o retirar variables de una ecuación si su aporte no es significativo a la ecuación de predicción.
6. Cuando la ecuación sea satisfactoria, se debe usar el modelo para realizar estimaciones o predicciones (305,306).

2.5.6.1 Comprobación de una Regresión Lineal

Coefficiente de Correlación

Gallardo establece que una medida de la relación que existe entre las variables aleatorias es el coeficiente de correlación ρ . Análogamente se busca determinar si existe una relación lineal entre la variable predictora y la de respuesta, utilizando el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r). Este coeficiente de correlación tiene como propiedades las siguientes:

- El rango de variación de r esta entre -1 y 1 y su signo es el mismo que el del valor de la pendiente.
- Un valor de r cercano a cero nos indica que no existe o que hay poca relación lineal entre x y y .

- Valores cercanos a -1 o 1 indican que hay una fuerte relación entre las variables.
- Si r es igual a 1 o -1 , todos los valores del diagrama de dispersión caen exactamente en la recta y este sería un modelo determinístico (308, 309).

Coefficiente de Determinación

Gallardo en su libro establece que otra medida de la relación entre las variables es el coeficiente de determinación (r^2). Da mayor facilidad a la interpretación que existe en la relación de las variables. El valor que presente r^2 significará el porcentaje de la variación total y su diferencia se le atribuye al error del ajuste. Es por esto que, mientras más cercano sea el valor a 1 , mejor ajuste tendrá el modelo y este será de mayor utilidad como un instrumento de predicción (311, 312).

2.6 Economías de Escala

Se presenta cuando en cualquier situación de producción, o inclusive de prestación de servicios financieros, el costo por unidad producida o adquirida disminuye, a medida que se incrementa el número total de unidades generadas. El costo por unidad debe estar claro frente al costo total por unidad, ya que el costo total incrementará a medida que aumenten la cantidad de unidades (Economías de escala).

La disminución del costo unitario de un producto o bien, por el incremento de su producción, se debe a que se reducen costos directos en la fabricación, por ejemplo, disminución del gasto para la preparación de las máquinas,

descuentos por cantidad en los insumos y materias primas, entre otros. Costos que no se vean reflejados en el producto pueden ser en el área administrativa y de aprobaciones que se requieran para que se realice la fabricación. Pero hay que tener en cuenta que las economías de escala no son ilimitadas y la mejor escala de producción no es reglamentariamente la más grande en volúmenes de producción (Economías de escala).

2.7 Activo Circulante

Son todos los bienes y derechos de una empresa que son líquidos (dinero, caja, bancos, activos financieros a corto plazo) o activos que pueden ser convertidos en dinero en un plazo inferior a 1 año. Dicho esto de otra manera son los bienes que posee la empresa como giro del negocio y que permanecen en la misma por un periodo de tiempo inferior a 12 meses (Economías de escala).

2.8 Interés Simple

Como establecen Luxhoj, Sullivan y Wicks en su libro, que el interés simple o la tasa correspondiente es cuando el total que se obtiene o se cobra es una proporción lineal de la cantidad inicial del préstamo o la inversión, la tasa de interés y el número de periodos de interés por los que se hizo el préstamo o la inversión. Para poder obtener el retorno del dinero se necesitan los siguientes datos:

- I = interés total a ser recibido
- P = cantidad principal que se da u obtiene en préstamo o inversión
- N = número de periodos de interés (meses, años)

- i = tasa de interés por periodo (72)

$$I = (P)(N)(i) \quad (2.16)$$

2.9 Zeus

Por medio de una conversación directa con Carlos Burgos (Analista de Repuestos), se pudo conocer y comprender rápidamente que Zeus es el sistema operativo que Automekano utiliza como ayuda para su negocio. Este es un sistema que integra a las 3 agencias en el país, y se puede obtener información actualizada al momento, para todas sus divisiones ya sea en taller, ventas, postventas o en el área administrativa. Así se pueden tomar decisiones con información actualizada y coherente frente al comportamiento y los servicios que la compañía puede prestar.

2.10 JDS (JCB Distribution System)

Por medio de una conversación con Carlos Burgos (Analista de Repuestos), se pudo entender la importancia y la utilidad que representa el JDS para la empresa. Este es un sistema en línea que JCB brinda a la empresa para que pueda consultar cualquier información relevante en tiempo real. Dentro de las funciones principales del sistema están los catálogos de la maquinaria, los repuestos que se pueden solicitar con su precio, peso del artículo, cantidad de items que vienen por paquete, entre otros factores importantes. Además dentro del JDS, existe la función de trabajar las garantías en donde se tiene conversaciones con gente de JCB Internacional para que aprueben o rechacen las mismas. Vale recalcar que este sistema puede ser ingresado desde cualquier computador que tenga una conexión a internet.

2.11 INTER

De acuerdo a Carlos Burgos (Analista de Repuestos), se pudo conocer que INTER es el precio que tiene el paquete de un repuesto o accesorio en fábrica. Menciona paquete porque algunos repuestos vienen más de uno por funda y su precio establecido en el JDS es para todos los que se venden y no por unidad.

2.12 Último Costo

Carlos Burgos (Analista de Repuestos), explica que Último Costo es el costo que tiene el paquete de un repuesto o accesorio en el momento que llegan a las bodegas de Automekano. Dentro de este costo ya está el valor del artículo en fábrica, costos de movilización hasta Ecuador, costos de aduanas, costos de movilización desde el puerto hasta las instalaciones, entre otros de menor importancia.

2.13 Costo Unitario

Por medio de una conversación mantenida con Carlos Burgos (Analista de Repuestos), se pudo conocer que Costo Unitario es el costo promedio de todos los Últimos Costos que se tengan registrados por parte de la empresa.

2.14 Maquinaria JCB en el País

Por medio de una conversación mantenida con Carlos Burgos (Analista de Repuestos), se pudo conocer la maquinaria JCB que existe en el país como se muestra en la Tabla número 2.

Tabla 2: Maquinaria JCB

Familia	Modelos	Descripción
Backhoe Loaders (BHL)	208	Son máquinas que tienen en la parte frontal un cucharón para cargar material y en la parte posterior una pala para realizar excavaciones.
	214	
	1CX	
	3C	
	3D	
	3CX	
	4CX	
Telehandler (TH)	520	Son montacargas telescópicos.
	535	
Wheel Loader (WL)	411	Son cargadoras frontales con un cucharón de gran capacidad para recoger materiales.
	416	
	418	
	426	
	436	
Excavator (EXC)	814	Son excavadoras de oruga que pueden realizar excavaciones en un radio de 360 ⁰ .
	820	
	JS200	
	JS210	
	JS220	
	JS260	
Skid Steer Loader (SSL)	170	Son unas mini cargadoras con una rotación de patinaje.
	180	
	190	
Rodillo Vibormax (RV)	AV601	Son máquinas compactadoras con un tambor o rodillo en la parte frontal para la realización del trabajo.
	AV901	
	VM115	
	VM132	
	VM120	
	VM270	
	VM1103	
	VM1105	
	VM106	
	VM200	
	VM152	
	VM1805	
	VM752	
	VM864	

Realizado por: Juan Sebastian Mora

3. Entorno de la Compañía

3.1 Manejo por parte de la Empresa de su Sistema de Inventario

En una reunión mantenida con Paúl Garcés (Gerente de Postventa), Jorge Parra (Jefe de Sistemas) y Carlos Burgos (Analista de Repuestos), se pudo conocer cómo la empresa viene manejando la rotación del inventario y colocación de pedidos.

Automekano actualmente tiene un registro de la cantidad que se vende de un artículo, ya sea para un cliente en mostrador, para una reparación que se realiza en taller o en el caso de un mantenimiento de campo. También registra la cantidad de veces que un artículo ha sido solicitado y no ha sido vendido, ya sea por costo o falta de disponibilidad. Este sirve para registrar la cantidad de ventas perdidas que la empresa tiene mes a mes.

Analizando las ventas realizadas y las ventas perdidas, se determina la cantidad de artículos o items que se debe tener en existencias para incrementar el inventario y mejorar los niveles de repuesta frente a los requerimientos que tengan los clientes. Con el valor de las ventas realizadas y perdidas, se determinó que se debería tener los suficientes artículos para satisfacer dos meses de demanda sin quedarse desabastecidos. Su inventario en tránsito es monitoreado por medio del Zeus para evitar que se repitan artículos en los pedidos siguientes.

Como se explicará en la sección 4.2, una de las formas de colocar un pedido, es mediante el “pedido sugerido” presentado por el sistema que avisa al Analista de Repuestos cuando el stock de un artículo está en el nivel del punto

de reorden. Para que este aparezca en el reporte de pedido sugerido, un ítem tiene que entrar dentro de las categorías de inventario de alta rotación, media alta rotación y media rotación. Para que un ítem entre dentro de estas categorías, tiene que al menos venderse 6 veces al año, como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3: Clasificación del Inventario de Automekano

Nombre de la Clasificación	Código en el Sistema	Genera Pedidos Sugeridos	Ventas Anuales para la Clasificación	
			Mínima	Máxima
Aperturado	66	No	Primer vez que se lo compra	
Alta Rotación	1	Sí	36	infinito
Media Alta Rotación	2	Sí	12	35
Media Rotación	3	Sí	6	11
Lenta Rotación	4	No	1	5
Huesos	5	No	0	0

Realizado por: Juan Sebastian Mora

3.1.1 Importación de los Repuestos

Los repuestos y accesorios se importan de 2 formas, de manera marítima o aérea. En el caso de los pedidos marítimos, el factor para convertir del precio de fábrica al costo de los pedidos al arribo en bodega es 1.24; y para los artículos que arriban de forma aérea el factor es de 1.30 aproximadamente (este factor se modifica levemente para los ítems de gran tamaño y peso) (Burgos).

3.2 Objetivos y Metas de la Empresa

En una conversación con Paúl Garcés (Gerente de Postventa), se conoció que la empresa buscará en el 2010 incrementar en aproximadamente un 80% sus ventas en repuestos y accesorios. Para lograr esto, se quiere conseguir

nuevos convenios con los clientes y llegar a aquellos que se tenga registro de que poseen una máquina, pero que no se han convertido en clientes repetitivos.

3.3 Factores Externos que Afectan a la Empresa

3.3.1 Impacto de JCB Internacional sobre la Compañía

En el mes de Noviembre del año 2009, JCB puso en marcha un programa para restaurar y repotencializar a la maquinaria usada. Este programa, que se lo conoce como “Encore”, surge por la recesión económica mundial, a través del cual JCB busca mejorar la relación con sus clientes. Este programa quiere brindarles a los distribuidores la posibilidad de recambio de partes grandes, hasta con un 50% de descuento y 90 días de garantía para repotenciar la maquinaria usada. Dentro de este plan también se contempla trabajos en pintura y vidrio (en el caso de que las máquinas tengan cabinas cubiertas). Una vez que la máquina haya sido restaurada, un agente de fábrica realizará una inspección del equipo para que este salga con los estándares esperados y la garantía sea válida (Minutemachines).

3.3.2 Impacto de las Políticas Comerciales de Ecuador sobre la Compañía

En una conversación mantenida con Jaime Flor (Gerente de Ventas), se pudo conocer algunos inconvenientes que la compañía tendrá que afrontar a lo largo del año 2010 por causas externas. La primera gran preocupación es una ley que promulgó el Gobierno Ecuatoriano, donde se establece que si el Gobierno posee una empresa que pueda brindar un servicio a otra entidad

gubernamental, esta tendrá la obligación de realizar las negociaciones con dicha compañía; siempre y cuando cumpla con los parámetros del servicio requerido. Esta regulación está afectando a todas las empresas comercializadoras de maquinaria pesada, desde el momento que el Gobierno le embargó al grupo Isaías la compañía EICA (Emilio Isaías CA de Comercio) distribuidora de maquinaria CASE y competencia directa con Automekano. Debido a esta medida, la proyección de ventas a los Municipios y los Gobiernos Provinciales se verán afectadas y disminuidas.

El segundo problema que tiene la empresa, es que el Gobierno no destinó este año la misma cantidad de dinero para obras en los Municipios y Gobiernos Provinciales de los 2 años anteriores, causando una disminución en la adquisición de nuevas máquinas. Además, como la demanda de los últimos dos años fue alta, estas máquinas no han cumplido su ciclo de vida estimado. Lo que sí se debe prever es que la demanda de repuestos tienda a incrementarse, obligando al departamento de postventa a elevar su capacidad de respuesta frente a sus clientes.

4. Presentación de la Información Obtenida

4.1 Costo de Mantener los Artículos en Inventario para la Línea JCB en Quito

4.1.1 Espacio Ocupado de las Bodegas en Quito por la Línea JCB

Dentro de las instalaciones de la compañía Automekano, en su sucursal de la ciudad de Quito, existen 3 tipos de bodegas que son: alta rotación del inventario, artículos pesados y herramientas. En cada una de las bodegas existen repuestos o accesorios para la reparación o mantenimiento de la maquinaria de cualquiera de las 3 líneas que tiene la compañía (Garcés, 2009). En la bodega de alta rotación existe una división para cada línea que se comercializa. En el caso de las bodegas para artículos pesados, no está segmentada por línea de artículos, por lo que las dimensiones obtenidas para el cálculo del área que corresponde a JCB son aproximadas. De esta manera el cálculo del costo de piso que ocupan los repuestos JCB no es exacto por las dificultades de separar el área que ocupa cada artículo.

Para la obtención de las medidas dentro de las bodegas se utilizó un flexómetro, porque el tamaño pequeño de las mismas permitía la utilización de este tipo de herramienta. El espacio techado que ocupa Automekano es compartido con otra empresa, Importadora Andina, y las dos ocupan un sólo galpón de 4,000 m² (S. Vásconez). Importadora Andina ocupa un gran porcentaje de la construcción y el resto Automekano. Las medidas del espacio

físico y cubierto de Automekano se obtuvo del arquitecto David Vásconez quien reestructuró las mismas. Con estos datos se tiene la mayor precisión posible en cuanto al espacio físico techado que corresponde a la compañía. Las medidas entregadas por el arquitecto Vásconez se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Áreas de las Instalaciones

Sección	Área de la Sección (m²)
Área Total del Terreno	12,000 m ²
Oficinas Principales	157 m ²
Hall Ventas	146 m ²
Bodega, Alta Rotación	92 m ²
Oficinas Taller	92 m ²
Taller Cubierto, Cerrado	666 m ²
Taller Cubierto, Abierto	244 m ²
Total, Espacio Techado Automekano	1,397 m²

Realizado por: Juan Sebastián Mora

Como se puede observar en el anexo número1, (huella de las instalaciones) de los 4,000 m², Importadora Andina ocupa el 65.08% de lo que es la sección techada que corresponde a 2,603 m² como se muestra en el cálculo 4.1.

$$4,000m^2 - 1,397m^2 = 2,603m^2 \quad (4.1)$$

$$\frac{2,603m^2}{4,000m^2} * 100 = 65.08\%$$

Con este valor se prosiguió a restarlo del tamaño del terreno, de 12,000 m² en total, (se considera parqueos y las zonas de circulación como parte de Automekano) a Automekano le corresponde un área total de 9,397 m² como se muestra en el cálculo 4.2. Dentro de los 9,397 m² se incluyen las zonas destinadas a la exhibición de la maquinaria, parqueos de los empleados, área

utilizada por el taller para las reparaciones en exteriores y entrega de maquinaria.

$$12,000m^2 - 2,603m^2 = 9,397m^2 \quad (4.2)$$

Conociendo el tamaño del piso que corresponde a la compañía, se prosiguió a desglosar las dimensiones de los espacios que ocupan los accesorios y repuestos de la marca JCB como se presenta a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5: Área Total Ocupada por las Piezas o Partes de JCB en las Bodegas de Automekano Quito

Sección de la Bodega	Área en m ²
Filtros en la Entrada, Primer Rectángulo	0.87 m ²
Filtros en la Entrada, Segundo Rectángulo	0.95 m ²
Repisas JCB	8.80 m ²
Bandas	0.47 m ²
Filtros en el Fondo, Primer Cuadrado	8.74 m ²
Filtros en la Bodega, Segundo Cuadrado	4.20 m ²
Área de los Corredores entre Repisas	12.10 m ²
Mallas	69.35 m ²
Contenedor, Artículos Pesados JCB	282.00 m ²
Área Total de JCB:	387.47 m²

Realizado por: Juan Sebastián Mora

Con las áreas establecidas de los repuestos, se puede obtener el costo por m² que se incurre de los repuestos para JCB. Se conoce que la compañía paga \$9,500 mensuales de alquiler de las instalaciones a Importadora Andina (A. C. Vásquez, 2009). Por consiguiente, al dividir el alquiler para el área de Automekano se obtuvo un valor de \$1.01 por m² mensualmente como se muestra en el cálculo 4.3.

$$\frac{\$9,500}{9,397m^2} = 1.011\$/m^2 \quad (4.3)$$

Con el costo por m² de las instalaciones, se puede obtener el costo real de mantener los accesorios y repuestos de JCB, dando como resultado

\$391.73 mensuales. El resultado se lo obtuvo de la multiplicación del costo por metro cuadrado con el área total de las bodegas de JCB como se muestra en el cálculo 4.4.

$$1.011\$/m^2 * 387.47m^2 = \$391.73 \quad (4.4)$$

4.1.2 Costo de Manejo de Bodegas

Debido a que la venta de repuestos en bodega no es constante y la reposición de los mismos no se realiza en las mismas cantidades que fueron consumidas, se tiene que estar cambiando la ubicación de los repuestos constantemente. De igual manera, como en ciertas ocasiones se importa artículos de gran tamaño y peso para cumplir con una garantía o un cambio en una máquina por desgaste, se tiene que crear una ubicación temporal para los mismos (Pilatuña, 2009). Por medio de una entrevista personal con Cristian Guerra (Asistente de Bodega), encargado de la ubicación de los artículos en bodega, se conoció que le toma 3 días por semana aproximadamente el remover los artículos de las cajas y reubicar los repuestos para agruparlos con los que nuevos items que arriban a las instalaciones. De estos 3 días, él dedica 2 días a la semana a lo que es la línea JCB.

Se conoce que el sueldo en promedio del Asistente de Bodega es de \$300.00 (A. C. Vásconez, 2009), pero el costo real del mismo con los adicionales que establece la ley (incluyendo aporte al IESS, Fondos de Reserva, Décimo Tercer y Cuarto Sueldo) es de \$399.25 sin considerar horas extras; por lo que el costo por minuto mensualmente de dicha persona para la empresa es de \$0.037808.

$$\left| \frac{\$399.25}{\text{mes}} \right| \left| \frac{1\text{mes}}{22\text{días laborales}} \right| \left| \frac{1\text{día}}{8\text{horas de trabajo}} \right| \left| \frac{1\text{hora}}{60\text{min}} \right| = \left| \frac{\$0.037808}{\text{min}} \right| \quad (4.5)$$

Por lo que el valor total que Automekano gasta en Quito en la ubicación y reubicación de los artículos en bodega es \$145.182 mensualmente para lo que es su línea de repuestos JCB.

$$\left| \frac{\$0.037808}{\text{min}} \right| \left| \frac{60\text{min}}{1\text{hora}} \right| \left| \frac{8\text{horas}}{1\text{día}} \right| \left| \frac{2\text{días}}{1\text{semana}} \right| \left| \frac{4\text{semanas}}{1\text{mes}} \right| = \$145.182 \quad (4.6)$$

4.1.3 Costo de Asegurar el Inventario de JCB

Con el fin de obtener un resultado real del costo de tener el inventario en bodega, se necesita agregar al costo del alquiler y manejo de bodegas, el costo de la póliza de seguro (Del Paz, 34). Existen 2 tipos de pólizas de seguros que maneja la compañía: contra robos y asaltos, y contra incendios (A. C. Vásconez, 2009). Dentro de la póliza contra incendios, existe el desglose de los diferentes montos asegurados y en uno de los puntos desglosados está estipulado el monto por el cual se aseguró el inventario. El valor de la cláusula del inventario es de 1.035 millones de dólares de los cuales el 35.37% corresponde a JCB como se aprecia en el anexo número 2. Por medio de una entrevista con Ana Carolina Vásconez (Asistente de Gerencia), se conoce que se debe cancelar el 2.3% del monto asegurado anualmente. De esta forma el monto anual pagado por asegurar el inventario contra incendios es de \$1,983.75 para todas las líneas.

$$\$1'035,000.00 * 0.023 = \$1,983.75 \quad (4.7)$$

El monto que se cancela para la línea JCB es de \$58.47 mensualmente.

$$\frac{\$1,983.75 * 0.3537}{12} = \$58.47\text{mensual} \quad (4.8)$$

Para la póliza de seguro contra robos, esta tiene menor desglose en cuanto a numerales. Por lo que se utilizó la póliza de incendios para determinar una cantidad aproximada del monto que le correspondería a la línea JCB. De igual manera que se realizó para la póliza de incendios, se lo multiplicará por el porcentaje que se debe cancelar a la aseguradora, siendo el 0.9% del monto a cancelar (A. C. Vásquez, 2009), por el porcentaje que corresponde a JCB (35.37%), y dividido para los 12 meses del año, para determinar el costo mensual que se paga de la línea JCB de seguro contra robos como se muestra en el cálculo 4.10. Así, el valor mensual obtenido que se cancela a la aseguradora es de \$32.22.

$$\frac{\$120,799.01 * 0.009 * 0.3557}{12} = \$32.22 \quad (4.10)$$

El valor, en términos mensuales, que se cancela a la aseguradora por incendios, robos y asaltos, se debe aumentar al costo de piso y manejo de bodega para tener un costo más preciso de tener los artículos en bodega. El costo total que se cancela a la aseguradora es de \$90.69 mensualmente para el caso de JCB.

4.1.4 Costo de Inspeccionar el Inventario

Dentro de los costos significativos de mantener el inventario en bodega, se debe agregar el valor de las inspecciones que se realizan periódicamente (Del Paz, 29).

En una conversación con Carlos Burgos (Analista de Repuestos), se conoce que en la agencia de Quito, las inspecciones del inventario se las realiza cada 6 meses. Debido a la cantidad de artículos que se maneja, esta

actividad toma 2 días y realizan 5 grupos de 2 personas cada uno. Dentro de los grupos las personas que siempre son tomadas en cuenta están: Analista de Repuestos, Asistente de Bodega, Jefe de Bodega, Vendedor de Mostrador y Asistente de Contabilidad. Su participación en la inspección es obligatoria debido a que estas personas son las que están constantemente en contacto con los repuestos o accesorios con la excepción del Asistente de Contabilidad. Las otras 5 personas son incluidas en los grupos según la disponibilidad de tiempo de los empleados de las otras áreas, requiriendo buscar 5 personas adicionales que puedan participar de dicha actividad. Se conoce que para la inspección que se realizará el 18 de Diciembre del 2009, también participarán 3 técnicos de taller, uno de los dos mensajeros y el Representante de Servicios Postventa.

El costo salarial diario de las personas que participen en la inspección se deberá aumentar al costo de mantener los artículos en bodega. En el caso de los técnicos que participarán en la inspección, el costo salarial se obtendrá mediante el cálculo de una media de los salarios establecidos según las categorías de los mismos, como se conoció en una entrevista con David Bastidas (Gerente de Servicio). En la Tabla 6 se presenta la información obtenida de la entrevista sobre el salario de cada categoría de los técnicos.

Tabla 6: Sueldo Base Promedio de los Técnicos de Taller

Categoría del Técnico	Cantidad de Técnicos	Sueldo Básico (\$)
Técnico A	0	\$500
Técnico B	4	\$400
Técnico C	3	\$370
Técnico D	1	\$330
Total	8	
Sueldo Promedio		\$380

Realizado por: Juan Sebastián Mora

Los \$380.00 del sueldo promedio de los técnicos, se convierte en un costo de \$500.38 incluyendo lo establecido por la ley. El costo anual de la inspección de los tres técnicos es de \$34.12 aproximadamente como se muestra en el cálculo 4.11.

$$\left| \frac{\$500.38}{\text{mes}} \right| \left| \frac{1\text{mes}}{22\text{días laborales}} \right| \left| \frac{1\text{día}}{8\text{horas de trabajo}} \right| = \left| \frac{\$2.84}{\text{día}} \right| \quad (4.11)$$

$$(\$2.84) * (3\text{técnicos}) * (4\text{días al año}) = \$34.12$$

Utilizando la misma forma de cálculo, se costeará a las demás personas, con su respectivo sueldo base incluyendo los beneficios establecidos por la ley. En la Tabla 7 se presenta la información del costo anual de cada persona que ayudará en la inspección.

Tabla 7: Costo por Ocupación en Inspección del Inventario

Ocupación	Costo Anual por Ocupación
Analista de Repuestos	\$11.37
Asistente de Contabilidad	\$10.51
Representante de Servicios Postventa	\$11.95
Vendedor de Mostrador	\$16.26
Jefe de Bodega	\$10.51
Asistente de Bodega	\$9.07
Mensajero	\$9.07
Total	\$78.74

Realizado por: Juan Sebastián Mora

Por lo tanto, el costo total que se incurre en inspeccionar el inventario anualmente es de \$112.86, y si se lo realiza mensualmente se obtiene que es \$9.40. A este valor se le debería aumentar el costo que se incurre de ventas perdidas de repuestos y de insatisfacción de los clientes, la cual no se posee, al tener al Vendedor de Mostrador trabajando en otra área a la suya y no en la venta y despacho de repuestos a los clientes.

4.2 Costo de Oportunidad de Invertir en Repuestos

El costo más importante que se debe considerar en el manejo del inventario es en el costo de oportunidad al tener el dinero invertido en repuestos y no en una casa de inversión. Automekano en la actualidad viene trabajando con una inversión promedio en inventario de \$496,827.53 (ver anexo 2) y la tasa de interés que se trabajaría para este monto de dinero es del 8% anual (S. Vásconez). Por lo que el ingreso que tendría la empresa al invertir el dinero en una casa de inversión y no en repuestos es \$39,746.20 anualmente (ver cálculo 4.12), lo cual en términos mensuales es \$3,312.18.

$$I = (496827.53) * (0.08) * (1) = 39746.20 \quad (4.12)$$

Con la obtención de todos los costos de mantener los artículos en inventario para la línea JCB en Quito, se puede determinar el monto de dinero que representan, como se puede observar en la Tabla 8.

Tabla 8: Costo de Mantener el Inventario en Bodega

Sección	Costo Incurrido	% del Costo Total Incurrido
Costo del Espacio Físico de las Bodegas	\$391.73	9.92%
Costo de Inspeccionar el Inventario	\$9.40	0.24%
Costo de Manejo de Bodegas	\$145.18	3.68%
Costo de Asegurar el Inventario	\$90.69	2.29%
Costo de Oportunidad	\$3,312.18	83.87%
Total	\$3,949.18	100%

Realizado por: Juan Sebastián Mora

4.3 Costo de Colocación de un Pedido

Para obtener el costo de colocar un pedido, se realizó entrevistas con las personas involucradas para conocer la cantidad de tiempo que le dedican a dicha actividad. Por medio de una conversación directa con Carlos Burgos (Analista de Repuestos), se llegó a conocer que las personas que son parte de

la colocación de un pedido son: Supervisor de Taller, Jefe de Bodega, Vendedor de Mostrador, Analista de Repuestos, Gerente de Postventa y Jefa de Importaciones. De las personas mencionadas, las que puedan dar inicio a la colocación de un pedido son Supervisor de Taller, Vendedor de Mostrador y el Analista de Repuestos como se puede apreciar en la figura 1.

El costo de colocación de un pedido se basa en la cantidad de tiempo que cada una de las personas mencionadas invierten en el mismo, basándose en su salario básico, el mismo que fue entregado por Ana Carolina Vásconez (Asistente de Gerencia) presentado en la Tabla 9.

Tabla 9: Tiempo Incurrido en la Colocación de un Pedido y Salario de los Involucrados

Empleado	Salario Básico	Tiempo Mensual
Supervisor de Taller	\$800	110 ^{min.} /mes
Jefe de Bodega	\$350	660 ^{min.} /mes
Vendedor de Mostrador	\$550	Cálculo 4.14
Analista de Inventario	\$380	6600 ^{min.} /mes
Gerente de Postventa	\$2200	550 ^{min.} /mes
Jefa de Importaciones	\$450	352 ^{min.} /mes

Realizado por: Juan Sebastián Mora

Para cada persona se obtuvo el costo en el que se incurre, como se presenta en el cálculo 4.13, con la excepción del Vendedor de Mostrador que se ejemplifica en el cálculo número 4.15.

$$\left| \frac{\text{minutos}}{\text{día}} \right| \left| \frac{22\text{días}}{1\text{mes}} \right| = \#\#\text{min/mes}$$

$$\left| \frac{\text{Costo Salarial}(\$)}{\text{mes}} \right| \left| \frac{1\text{mes}}{22\text{días laborales}} \right| \left| \frac{1\text{día}}{8\text{horas de trabajo}} \right| \left| \frac{1\text{hora}}{60\text{min}} \right| = \left| \frac{\$\$}{\text{min}} \right| \quad (4.13)$$

Aplicando el cálculo 4.14, se obtiene el costo mensual por persona de colocar un pedido

$$\left| \frac{\#\#\text{min}}{1\text{mes}} \right| \left| \frac{\$\$}{1\text{min}} \right| = \frac{\$\$}{\text{mes}} \quad (4.14)$$

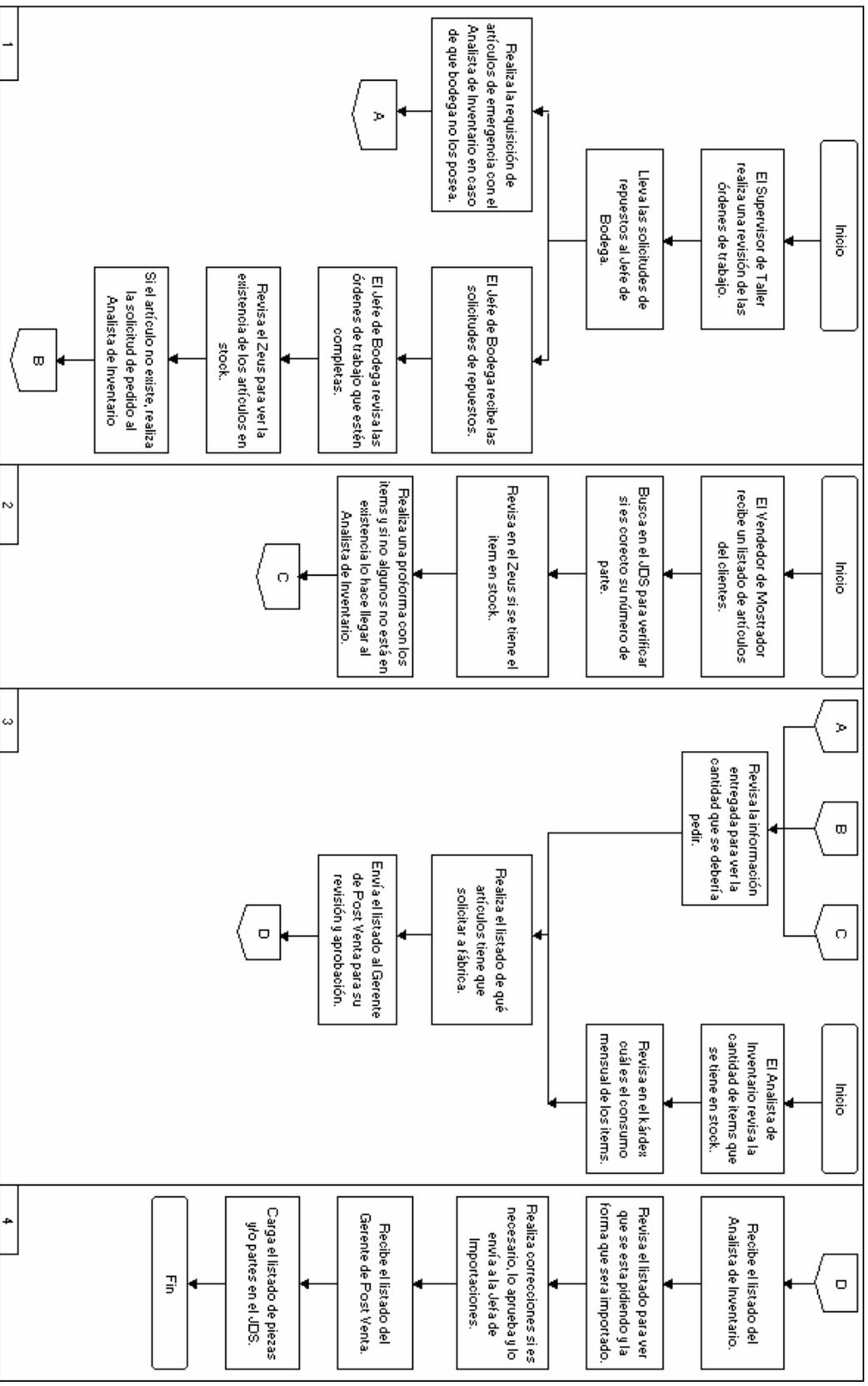


Figura 1: Colocación de un Pedido

Realizado por: Juan Sebastián Mora

Para el caso del Vendedor de Mostrador, el costo en la colocación de un pedido esta dado por:

- Dedicar $\frac{2}{3}$ de su tiempo a la línea JCB. La cantidad de minutos que ocupan al día están determinados por la disponibilidad de los artículos en bodega para entrega inmediata a los clientes, cuyo promedio fue del 50,85% desde Mayo del 2008 hasta Septiembre del 2009, como se puede apreciar en el anexo número 3, por lo que el costo que se incurre por parte de esta persona se lo muestra en el cálculo 4.15 (Burgos, 2009).

$$\left| \frac{\$715.29}{1\text{mes}} \right| \left| (1-0.5085) \text{ disponibilidad de JCB} \right| \left| \frac{2}{3} \text{ dedicación a JCB} \right| = \$234.38 \quad (4.15)$$

El costo total y de cada persona se lo muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Costo de Colocación de un Pedido por Empleado

Empleado	Salario Básico	Tiempo Mensual	Costo de Colocación
Supervisor de Taller	\$800	110 min./mes	\$10.74
Jefe de Bodega	\$350	660 min./mes	\$28.90
Vendedor de Mostrador	\$550	Cálculo 4.14	\$234.38
Analista de Inventario	\$380	6600 min./mes	\$312.74
Gerente de Postventa	\$2200	550 min./mes	\$145.89
Jefa de Importaciones	\$450	352 min./mes	\$19.63
Total			\$752.28

Realizado por: Juan Sebastián Mora

Como se aprecia en la Tabla 10, el costo que se incurre de manera mensual para colocar un pedido, sin importar la cantidad de artículos que se coloque en el mismo, es de \$752.28. La empresa realiza actualmente 4 pedidos al mes, donde el costo por pedido sería de \$188.07.

5.0 Ejecución y Análisis de los Modelos

5.1 Obtención de los Datos

Jorge Parra (Jefe de Sistemas), proporcionó la información requerida para poder conocer las ventas que tienen los artículos en la agencia de Automekano Quito, el stock que se tiene a la fecha, su precio INTER, su costo promedio y el último costo con el que el artículo arribó a bodega; se verificó que los datos sean los correctos en el momento que los mismos fueron subidos al sistema y que concuerden con la información del JDS. Para poder verificar se sabe que es 1.24 el factor promedio que incrementa el valor de un artículo desde que sale de fábrica hasta que llega a bodega, dato entregado por Paúl Garcés (Gerente de Postventa). Se pudo determinar que varios artículos no estaban ingresados de manera unitaria en el Zeus, sino que cada ítem estaba inventariado por el valor total del paquete, dando una información errónea.

Para poder comparar con la información que Automekano entregó, se prosiguió a descargar toda la información necesaria del JDS y se determinó a qué máquina corresponde cada repuesto, el precio INTER y la cantidad de items que vienen por paquete. En ciertos casos, el sistema no presentaba información de fácil interpretación sobre a qué máquina corresponde el artículo, por lo que se los clasificó dentro de la categoría *Sin Información*. En otros casos, el JDS no entregaba el precio INTER del ítem, por lo que se tuvo que trabajar con el valor entregado por Automekano. Con toda la información correcta, se prosiguió a estructurar los datos para poder analizarlos.

5.2 Organización de la Información

Con la información del JDS, descargada entre el 17 de Febrero y el 01 de Marzo del 2010, se comenzó a estructurarla y se determinó que no era la misma que entregó el Zeus de Automekano, por lo tanto se utilizó únicamente aquellos datos que constaban en el sistema de JCB. El primer paso que se realizó fue eliminar todos los artículos que no habían presentado ninguna compra o transacción por más de 21 meses. Como no se tiene información para poder realizar una proyección, tenerlos en stock sería una inversión de dinero innecesaria. A estos items se los debería clasificar en una categoría de pedidos especiales en caso de que se presente un futuro pedido por parte de un cliente o del taller. En una conversación con Paúl Garcés (Gerente de Postventa), se pudo conocer que JCB permite que se realicen devoluciones de artículos a fábrica; por lo que estos artículos ya se los debería haber reexportado y con este dinero comprar artículos de alta rotación.

En esta depuración de información se eliminaron 725 códigos, 6783 items y se disminuyó en \$196,935.25 del inventario en base al costo al arribo en bodega de los items. Por las diferencias de información entre Automekano y JCB, se utilizará la información del JDS ya que la diferencia es considerable en dinero invertido como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Diferencia entre Valores de Automekano y el JDS Eliminados los Artículos sin Movimientos

	Automekano (Zeus)	JDS (Factor 1.24)	Diferencia (Automekano-JDS)
INTER	\$198,984.69	\$202,547.32	-\$3,562.63
Costo al Arribo en Bodega	\$264,678.11	\$251,158.67	\$13,519.44

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Una vez eliminada toda la información innecesaria, se proseguirá a realizar las proyecciones de la demanda.

5.3 Estructuración de la Información para las Proyecciones

Con la información de los repuestos lista, se prosiguió a ejecutar un análisis de Pareto. Este análisis se realizó con el fin de trabajar sólo con los items que sean importantes, tanto para los niveles de satisfacción del cliente, como del ingreso bruto para la empresa. Utilizando el análisis de Pareto, desde el punto de vista de la satisfacción del cliente, se tomó todos aquellos artículos que se vendieron al menos 1 vez cada 4 meses, resultando el 85.61% de las ventas totales como se aprecia de la Figura 2.

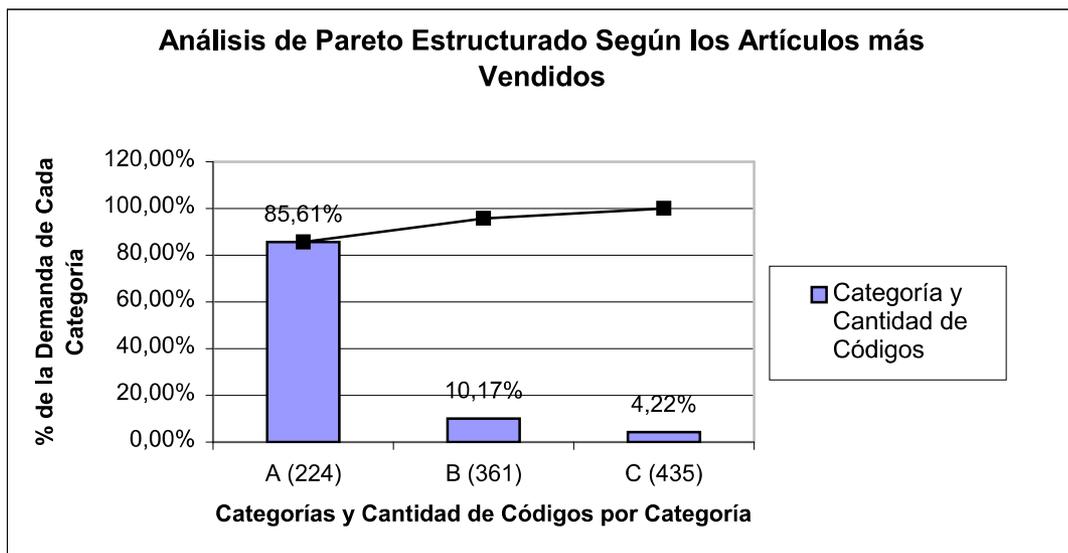


Figura 2: Pareto, Artículos más Demandados

Realizado por: Juan Sebastián Mora

En el segundo caso, se tomó los artículos que mayor ingreso bruto representan para la empresa y se seleccionó a los artículos que estén dentro del 81% de los ingresos totales como se puede apreciar en la Figura 3.

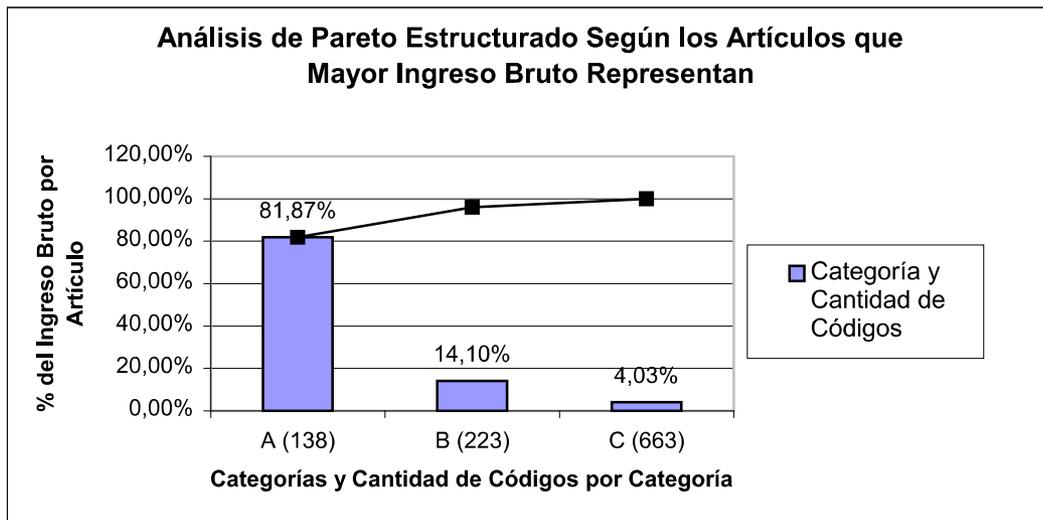


Figura 3: Pareto, Artículos de Mayor Ingreso

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Uniendo los dos análisis se determinó que se debería trabajar con 267 códigos y 12 agrupaciones de familias de máquinas (clases) las cuales son:

- | | |
|------------|---------------------|
| 1. BHL | 7. TH |
| 2. BHL EXC | 8. WL |
| 3. BHL SSL | 9. WL BHL |
| 4. EXC | 10. WL BHL SSL |
| 5. RV | 11. WL SSL |
| 6. SSL | 12. Sin Información |

Si un repuesto puede ser utilizado por más de una familia de máquinas, este debería ser clasificado por separado, y sus ventas estarían influenciadas por más de una familia. En el caso de los repuestos que pertenecen a las máquinas de la familia TH y a otra familia, se eliminaría la familia TH y se agruparía al repuesto en la otra clase. Se elimina a la familia TH, debido a que por medio de una conversación con Jaime Flor (Gerente de Ventas), se sabe que Automekano no tiene pronosticado vender en el año 2010 maquinaria TH. Si un repuesto sólo pertenece a la familia TH, este será una clase y la proyección de

sus ventas se realizara de la suma de la media del consumo de repuestos más su desviación estándar. Se le agregará la desviación estándar con la finalidad de incrementar la disponibilidad de los artículos y así incrementar la satisfacción del cliente. La agregación de los artículos en Clases, se la realiza para trabajar con ventas agregadas y así tener proyecciones más significativas al disminuir la desviación estándar; a que si se trabajara con cada ítem por separado.

Para proyectar las ventas futuras de las 12 clases generadas se aplicó 3 de los 4 modelos que presenta la teoría en la sección 2.5. Estos modelos se identificaron mediante la realización de diagramas de dispersión de las ventas de cada clase como se puede visualizar en el anexo número 4. Un ejemplo se puede ver en la figura 4 para la clase BHL, donde el diagrama no presenta estacionalidad o ciclos al sobreponer las ventas de cada mes para identificar si estas se presentan; las ventas de repuestos no se ven afectadas por el mes del año y la tendencia o correlación no es clara de interpretar. Los diagramas de dispersión identifican que el mejor modelo a ser utilizado es el de Holt o Suavizamiento Exponencial Doble para todas las Clases. Sin embargo también se aplicó el modelo de Promedio Móvil y Suavizamiento Exponencial Simple para comprender de mejor manera el comportamiento de las ventas en cuanto a la información obtenida, y para ciertas clases como: BHL, EXC y Sin Información; en caso que las ventas de la clase no tengan tendencia y así corroborar lo interpretado visualmente en cada diagrama de dispersión.

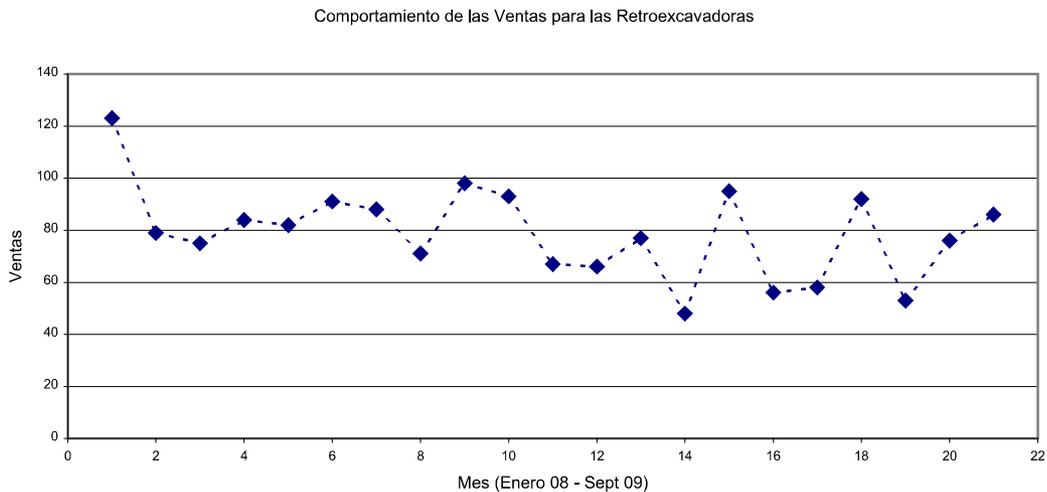


Figura 4: Diagrama de Dispersión BHL

Realizado por: Juan Sebastian Mora

5.3.1 Ejecución del Pronóstico: Promedio Móvil Simple

Para el modelo de *Promedio Móvil Simple*, se trabajó 3 diferentes casos para n , con valores de 2, 3 y 4. Se selecciona solo 3 valores para n debido a la cantidad de observaciones con las que se trabaja (21) y porque la proyección realizada es a corto plazo y así tener mayor sensibilidad en el análisis. Para cada caso se calculó los diferentes errores y parámetros para identificar cual es el mejor valor que n puede tener y utilizar como referencia para comparar con los otros modelos como se menciona en la sección 2.5.1. Los resultados obtenidos para todas las clases se los puede ver en el anexo número 5 y un ejemplo de este se lo muestra en la Tabla 12 para la clase BHL.

Tabla 12: Resultados BHL para el Método de Promedio Móvil Simple

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS		L22	Desv Est Error
Promedio Móvil Simple (n de 2)	16,55	1,14	-0,13	3,88	81	20,69
Promedio Móvil Simple (n de 3)	13,43	0,97	-1,51	4,13	72	16,78
Promedio Móvil Simple (n de 4)	15,50	1,20	-1,34	4,26	77	19,38

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Con el método de Promedio Móvil Simple, se puede apreciar que el mejor valor de n es 3 para este ejemplo, porque presenta el menor promedio de la desviación absoluta de todos los periodos analizados (MAD) y su error absoluto promedio expresado como un porcentaje de las ventas del artículo (MAPE). Además se necesita que la señal de rastreo (TS) esté dentro de los rangos tolerables como se establece en la sección 2.5.5; y este valor de n tiene la menor desviación estándar del error de las ventas como se explica en la sección 2.5.5. A continuación se presenta en la Tabla 13 los resultados obtenidos para el mejor valor de n obtenido para todas las clases.

Tabla 13: Mejores Resultados para cada Clase del Modelo de Promedio Móvil

Clase	n	MAD	MAPE	L_{22}	Desv Est Error
BHL	3	13.43	0.97	72	16.78
BHL y EXC	3	0.83	5.56	1	1.04
BHL y SSL	2	1.82	4.66	4	2.27
EXC	3	20.70	1.79	60	25.88
RV	3	5.22	2.78	13	6.53
SSL	2	2.26	2.76	3	2.83
WL	4	10.68	1.74	40	13.35
WL y BHL	4	0.79	1.03	1	0.99
WL, BHL y SSL	4	0.31	10.29	0	0.39
Sin Información	4	42.09	1.22	191	52.61

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Se puede apreciar que para el caso de la clase Sin Información, el MAD tiene un valor alto y esto se debe a que sus ventas tienen picos abruptos ya que su mínimo de ventas es 109 unidades y su máximo es 286 unidades. Debido a los picos en las ventas, es considerable la desviación estándar del error que se presenta.

5.3.2 Ejecución del Pronóstico: Suavizamiento Exponencial Simple

Para el método de *Suavizamiento Exponencial Simple*, se trabajó con 3 diferentes valores de α : 0.1, 0.5 y 0.9. Se utilizaron estos 3 valores para ver si se debe dar más importancia a los valores de las ventas con mayor antigüedad o a los más recientes dentro del rango permitido para α como se menciona en la sección 2.5.2. De igual manera, para este método se calculó los diferentes errores y parámetros para identificar si este modelo sería el más adecuado para pronosticar las ventas futuras como se menciona en la sección 2.5.5. Los resultados obtenidos para cada clase se los puede apreciar en el anexo número 6 y un ejemplo de los resultados obtenidos se los presenta en la Tabla 14 para la clase BHL.

Tabla 14: Resultados BHL para el Método de Suavizamiento Exponencial Simple

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS		L22	Desv Est Error
Suavizamiento Exp. Simple (alfa 0,1)	14,05	0,85	-5,39	3,08	75,73	17,56
Suavizamiento Exp. Simple (alfa 0,5)	16,47	0,99	-1,78	2,45	78,28	20,59
Suavizamiento Exp. Simple (alfa 0,9)	19,36	1,17	-1,07	1,94	84,81	24,20

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Para el método de *Suavizamiento Exponencial Simple*, se puede observar que el mejor valor que α puede tomar es de 0.1 para este ejemplo. Para este valor de α se tiene el menor MAD y MAPE; además este valor trabaja dentro de los límites del TS y la desviación estándar del error para la media, es la inferior. Por lo tanto, para el caso de las BHL, se le debe dar mayor importancia a las ventas con mayor antigüedad y trabajar con un valor α de 0.1 si este método llega a ser el seleccionado para trabajar. En la Tabla

15 se presenta un cuadro resumen del mejor resultado y el correspondiente valor de α para todas las clases.

Tabla 15: Mejores Resultados para cada Clase del Modelo de Suavizamiento Exponencial Simple

Clase	α	MAD	MAPE	L ₂₂	Desv Est Error
BHL	0.1	14.05	0.85	75.73	17.56
BHL y EXC	0.1	0.90	4.52	0.82	1.13
BHL y SSL	0.1	1.42	3.47	2.31	1.78
EXC	0.1	18.40	1.41	62.13	23.00
RV	0.9	4.87	2.51	10.97	6.09
SSL	0.1	2.11	2.37	4.31	2.63
WL	0.1	10.46	1.51	35.88	13.08
WL y BHL	0.1	1.20	3.33	1.49	1.50
WL, BHL y SSL	0.1	0.51	8.45	0.19	0.63
Sin Información	0.1	40.87	0.99	194.78	51.08

Realizado por: Juan Sebastian Mora

5.3.3 Ejecución del Pronóstico: Suavizamiento Exponencial Simple con Corrección por Tendencia (Holt)

Para el método de *Holt*, se debe realizar una regresión lineal para obtener el coeficiente de la intercepción de la forma que se menciona en la sección 2.5.6. Una vez realizadas las regresiones para las clases (ver anexo 7), el resultado indica que este no es un buen método de pronóstico para estos datos y un ejemplo de los resultados se muestra en la Tabla 16 para la clase BHL.

Tabla 16: Resultados de la Regresión Lineal para la Clase BHL

<i>Estadísticos de la Regresión</i>	
Multiple R	0,431608
R Square	0,186286
Adjusted R Square	0,143459
Significancia de F	0,050739
Coeficiente de la Intercepción	92,46667
Coeficiente de X	-1,22857

Realizado por: Juan Sebastian Mora

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 14.33%. Este porcentaje es el valor de que tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que la diferencia se le atribuye al error de ajuste.

A pesar de que se descarta la regresión lineal, de todas maneras se utilizará el coeficiente de la intercepción para la realización del pronóstico de las ventas de todas las clases.

En la ejecución del método, se realizaron los cálculos para 4 diferentes valores de α y β : 0.1, 0.5, 0.9 y otro valor que varía según la clase. Se utilizaron varios valores de α y β para identificar si tienen mayor importancia las ventas más antigua o la más actual como se menciona en la sección 2.5.3. En este método, se utilizó un valor adicional para α y β a diferencia de los otros modelos debido a que, en base a las suposiciones teóricas, es el que mejor se ajustaba con los diagramas de dispersión de las ventas para todas las clases. De igual manera, en este modelo se calcularon los errores de los pronósticos y parámetros para evaluar si el método está dentro de rangos tolerables y su utilidad para pronosticar las ventas futuras como se menciona en la sección 2.5.5. Para ver los resultados obtenidos de este método para todas las clases, referirse al anexo número 8, y un ejemplo de los resultados obtenidos para la clase BHL se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17: Resultados BHL para el Método de Holt

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS		L22	Desv Est Error
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	12,80	0,77	-2,67	1,24	65,26	16,00
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	7,00	0,42	-5,23	1,00	83,72	8,76
Holt (alfa 0,6 y beta 0,35)	5,72	0,35	-5,95	0,88	84,02	7,15
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	12,39	0,75	-3,31	1,00	98,60	15,48

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Con el método de Holt, se puede observar que el mejor valor para α es de 0.6 y para β de 0.35, porque con estos valores se tiene el menor valor del MAD y el MAPE, la señal de rastreo (TS) se encuentra dentro de los rangos permitidos, y la desviación estándar del error de la media es la de menor valor. Así se tienen los valores de las constantes de suavizamiento a utilizarse para la proyección de la clase de las BHL si este llegar a ser el mejor modelo. En la Tabla 18 se presenta un cuadro resumen del mejor resultado de pronóstico y los valores de α y β correspondientes para todas las clases.

Tabla 18: Mejores Resultados para cada Clase del Modelo de Holt

Clase	α	β	MAD	MAPE	L ₂₂	Desv Est Error
BHL	0.6	0.35	5.72	0,35	84.02	7.15
BHL y EXC	0.7	0.3	0.28	1.41	0.99	0.35
BHL y SSL	0.9	0.6	0.69	1.69	5.14	0.87
EXC	0.9	0.3	3.97	0.30	58.13	4.96
RV	0.3	0.55	3.02	1.56	11.79	3.77
SSL	0.9	0.3	0.42	0.48	4.83	0.53
WL	0.9	0.7	5.52	0.79	35.38	6.90
WL y BHL	0.7	0.5	0.37	1.03	3.03	0.46
WL, BHL y SSL	0.6	0.3	0.21	3.58	-0.06	0.27
Sin Información	0.9	0.1	4.15	0.10	181.80	5.19

Realizado por: Juan Sebastian Mora

5.3.4 Ejecución del Pronóstico: Suavizamiento Exponencial Simple con Corrección por Tendencia y Estacionalidad (Winters)

Con el método de *Winters*, uno de los modelos que se presenta en los libros, no se pudo trabajar debido a que uno de sus requisitos es la frecuencia con las que se presentan las temporadas como se menciona en la sección 2.5.4. Pero como se puede apreciar en los diagramas de dispersión, en el anexo número 4, las ventas de Automekano no presentan estacionalidad o ciclos para ninguna de sus clases.

5.3.5 Resultados de los Pronósticos

El método de *Holt* tiene la mayor significancia para todas las clases, basado en la selección del mejor resultado de cada modelo y de la comparación entre los resultados del MAD, MAPE y la desviación estándar del error. Este método es el más útil para Automekano como se puede apreciar en el resumen que se presenta en la Tabla 19 para el caso de la clase BHL y referirse al anexo 9 para todas las clases.

Tabla 19: Resumen para las BHL de los Mejores Resultados para cada Método

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS		L22	Desv Est Error
Promedio Móvil Simple (n de 3)	13,43	0,97	-1,51	4,13	72,00	16,78
Suavizamiento Exp. Simple (alfa 0,1)	14,05	0,85	-5,39	3,08	75,73	17,56
Holt (alfa 0,6 y beta 0,35)	5,72	0,35	-5,95	0,88	84,02	7,15

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Los resultados obtenidos del método de Holt para cada clase se lo presenta en la Tabla 20, los mismos que serán utilizados más adelante para la realización del cálculo de la Cantidad Económica de Pedido.

Tabla 20: Resultados del Método de Holt a Utilizarse para el Cálculo del EOQ

Clase	Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS		L22	Desv Est Error
BHL	Holt (alfa 0,6 y beta 0,35)	5,72	0,35	-5,95	0,88	84,02	7,15
BHL EXC	Holt (alfa 0,7 y beta 0,3)	0,28	1,41	-5,04	1,08	0,99	0,35
BHL SSL	Holt (alfa 0,9 y beta 0,6)	0,69	1,69	-1,00	5,33	5,14	0,87
EXC	Holt (alfa 0,9 y beta 0,3)	3,97	0,30	-2,30	5,68	58,13	4,96
RV	Holt (alfa 0,3 y beta 0,55)	3,02	1,56	-1,67	5,94	11,79	3,77
SSL	Holt (alfa 0,9 y beta 0,3)	0,42	0,48	-4,46	5,98	4,83	0,53
WL	Holt (alfa 0,9 y beta 0,7)	5,52	0,79	-1,00	5,06	35,38	6,90
WL BHL	Holt (alfa 0,7 y beta 0,5)	0,37	1,03	-5,45	2,00	3,03	0,46
WL BHL SSL WL SSL TH	No aplican a proyecciones de sus ventas debido a que sus ventas son mínimas. Por lo que el valor de las ventas para trabajar en EOQ será un promedio de las ventas o una unidad en caso de que esta sea inferior a este valor.						
Sin Info.	Holt (alfa 0,9 y beta 0,1)	4,15	0,10	-3,39	4,24	181,80	5,19

Realizado por: Juan Sebastian Mora

5.4 Cantidad Económica de Pedido

Con la proyección de las ventas establecidas, se realiza el cálculo de cuánta cantidad para cada clase se debe ordenar, y cada cuánto se las debería reponer teóricamente para minimizar los costos que se incurren en el inventario de acuerdo a lo descrito en la sección 2.4.

Dado que, Automekano realiza pedidos de reposición de su inventario para varias clases simultáneamente, se aplicará el método del EOQ para un tamaño de lote con múltiples productos. Para este modelo se necesita el costo de colocación de un pedido como se lo presentó en la sección 4.2, las ventas de cada clase y el costo de cada clase obtenido en la sección 5.3, el costo de mantener el inventario en bodega que se lo obtuvo en la sección 4.1, y el costo de oportunidad descrito en la sección 4.2. Pero, debido a que el costo de

mantener los artículos en bodega es el total de todas las clases y no como una fracción que distribuya el valor, a este se lo distribuyó de tal manera que sea porcentual para que los items más costosos asuman mayor proporción del costo. Para este cálculo se dividió el costo total de mantener los artículos en bodega, más el costo de oportunidad, para el número total de items que existían en bodega como se muestra en el cálculo 5.1.

$$\text{Fracción del Costo de Mantener Artículos en Bodega} = \frac{\$3,949.18}{33,880\text{items}} = 0.1166 \quad (5.1)$$

Este cálculo se lo realiza con el fin de distribuir el costo total de mantener el inventario en bodega a las diferentes clases según la cantidad de artículos que se necesiten tener en las instalaciones de la compañía. De esta manera, se le da mayor proporción del costo a aquellos artículos que son más caros, que en la gran mayoría de casos son los más grandes y ocupan mayor espacio en las instalaciones (Burgos, 2009).

Con toda la información necesaria se prosigue a calcular la cantidad económica de pedido como se describe en la sección 2.4.5 en la ecuación 2.2. El resultado obtenido para la clase BHL es de 333.46 unidades como está ejemplificado en el cálculo 5.2.

- Demanda Mensual: 91.17 unidades
- Costo de Colocar un Pedido: \$188.07
- Fracción del Costo de Mantener los Artículos en Bodega: 0.1166
- Costo de Artículo (Familia): \$31.74

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 91.17 * 12 * 188.07}{0.1166 * 31.74}} = 333.46 \quad (5.2)$$

El siguiente paso es calcular el punto de reorden para la clase como se describe en la sección 2.4.3. El punto de reorden para la clase BHL es de 229.55 unidades para un nivel de servicio del 95%, con una media del tiempo de arribo de 66.87 días como se puede ver en el anexo 10 y una desviación estándar de 17.7 unidades en las ventas, que se utilizan en el cálculo 5.3.

$$r = \left(\frac{91.17 * 12}{365} * 66.87 \right) + \left(1.645 * \left(\sqrt{(17.7)^2} \right) \right) = 229.55 \quad (5.3)$$

De la misma manera se calcula la cantidad económica de pedido y el punto de reorden para las otras clases de los repuestos como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21: Cantidad Económica de Pedido y Punto de Reorden

Clase	C (Clase)	D (Mensual)	S (Pedido)	I (Fracción)	Punto de Reorden	EOQ
BHL	\$ 31,74	91,17	\$ 188.07	11.66%	229.55	336.35
BHL EXC	\$ 29,22	1,34			4.79	42.50
BHL SSL	\$ 51,96	6,01			15.99	67.50
EXC	\$ 55,56	63,09			173.58	211.48
RV	\$106,15	15,54			44.76	75.93
SSL	\$ 16,89	5,36			16.49	111.80
WL	\$ 40,99	42,28			115.32	201.56
WL BHL	\$ 50,24	3,86			11.15	55.01
WL BHL SSL	\$ 14,74	1			3.38	51.69
WL SSL	\$ 8,35	1			4.01	68.68
TH	\$ 33,04	5,96			18.50	84.29
Sin Info.	\$ 22,10	186,99			489.56	577.28

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Donde los puntos de reorden son teóricos ya que se pueden modificar si se incrementa o disminuye el tiempo de reposición y el consumo de artículos. La cantidad de pedidos teóricos en los que se va a incurrir para cada clase se muestra en la Tabla 22. La cantidad de pedidos se la obtuvo de la división de

las ventas anuales para la cantidad económica de pedido como se describe en la sección 2.4.5 utilizando la ecuación 2.2.

Tabla 22: Cantidad de Pedidos a Realizarse en un Año

Clase	EOQ	Cantidad de Pedidos (Anuales)
BHL	336.35	3.25
BHL EXC	42.50	0.38
BHL SSL	67.50	1.07
EXC	211.48	3.58
RV	75.93	2.46
SSL	111.80	0.58
WL	201.56	2.52
WL BHL	55.01	0.84
WL BHL SSL	51.69	0.23
WL SSL	68.68	0.17
TH	84.29	0.85
Sin Info.	577.28	3.89

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Los resultados que tienen un valor inferior a un pedido, quieren decir que se consumirá la fracción presentada del pedido en un año. Esto se debe a que este análisis es realizado en un horizonte de planeación de un año y por esto todos los resultados manejan fracciones.

El inventario de seguridad que la compañía manejaría se ejemplifica en la Tabla 23 como se lo describe en la sección 2.4.4 y despejándolo de la ecuación 2.1. El cálculo del inventario de seguridad se lo ejemplifica como se lo describe en el cálculo 5.4 para la clase BHL.

$$\text{Inv de Seguridad} = (\text{Punto de Reorden}) - \left(\frac{91,17 * 12}{365} * 66,87 \right) \quad (5.4)$$

Tabla 23: Inventario de Seguridad

Clase	Punto de Reorden	Inv. De Seguridad
BHL	336.35	29.12
BHL EXC	42.50	1.84
BHL SSL	67.50	2.78
EXC	211.48	34.87
RV	75.93	10.59
SSL	111.80	4.70
WL	201.56	22.37
WL BHL	55.01	2.66
WL BHL SSL	51.69	1.18
WL SSL	68.68	1.81
TH	84.29	5.40
Sin Info.	577.28	78.47

Realizado por: Juan Sebastian Mora

De esta manera la compañía incurriría en un costo total de inventario de \$184,692.40 anualmente como lo descrito en la sección 2.4.5 utilizando la ecuación 2.4.

El nivel del inventario de seguridad debería ser revisado cada vez que se tenga mayor información sobre el comportamiento de las importaciones en el país. Así, de esta manera, tomar la decisión de disminuirlo o incrementarlo según el análisis de los datos sobre el tiempo de las importaciones y sus fluctuaciones. Los resultados son presentados con fracciones, aunque en la realidad no se puede pedir medias partes o pedidos, por lo que su redondeo se recomienda que en los repuestos sea a su inmediato superior. De igual manera si el inventario de seguridad es inferior a la cantidad de artículos de la clase al momento de desagregarlo, se debe hacer un estudio de sí se deba incrementar el inventario de seguridad para que al menos sea un artículo de seguridad por cada código o en algunos casos colocarlos en la siguiente categoría del análisis de Pareto. En el caso de los pedidos, se recomienda que se ajusten de tal manera que se tengan la menor cantidad de pedidos anualmente. Así de esta

forma con las proyecciones realizadas del comportamiento de la demanda, el análisis de Pareto, el EOQ y su inventario de seguridad aseguraran que la empresa tenga siempre a disponibilidad inmediata al menos el 80% de sus artículos para entrega inmediata a sus clientes.

5.5 Análisis de Resultados

Mediante la combinación de las ventas agregadas para disminuir el error en el pronóstico, con la proyección de las ventas utilizando el modelo de Holt y el cálculo de la Cantidad Económica de Pedido para Revisión Continua del inventario, se puede establecer que Automekano tendría una inversión de inventario para su agencia de Quito en la línea JCB de \$32,513.62 en promedio. Este valor fue calculado de la multiplicación de la cantidad óptima de pedido de cada clase por su costo a bodega como se aprecia en el cálculo 5.5.

$$\text{Inversión de JCB} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i Q_i}{2} \right) \quad (5.5)$$

El valor calculado para la inversión de dinero de inventario es un referente y no un dato fijo. Debido a que se lo calculó de una agregación de artículos de diferentes máquinas, el precio que se utiliza para el cálculo es en base a un promedio pesado de los items de cada clase. Por lo que el valor real de la inversión debe ser calculado luego de que se realice una desagregación de cada clase y se vea la cantidad que se deba importar de los artículos de cada familia. Al utilizar el método de revisión continua del inventario, pueden haber modificaciones en la cantidad de repuestos consumida que causen reajustes en la cantidad de pedidos y la frecuencia con lo que se coloque órdenes de reposición.

La empresa actualmente viene trabajando con \$496,827.53 como inversión promedio en inventario, como se puede apreciar en el anexo número 2, para la compra de repuestos de su línea JCB. Con la aplicación del modelo propuesto, la compañía ahorraría \$464,313.91 que disminuye en un 93.46% de su inversión de dinero en repuestos.

Por facilidad de manejo del inventario se recomienda analizar que para ciertas clases se disminuya la cantidad que se ordene con la finalidad de solo tener inventario que pueda ser considerado como activo circulante. Si se llega a tomar esta decisión, la cantidad a pedirse para cada clase se muestra en la Tabla 24. El punto de reorden para las clases en las que su cantidad de pedido ha sido ajustada, se los tomará en base a la media de su tiempo de reorden más su desviación estándar; por lo que sería la cantidad de items necesarios para satisfacer aproximadamente 3 meses de las ventas de cada clase. Las clases que fueron modificadas en la cantidad a ordenar son: SSL, WL BHL SS y WL SSL.

En base a esta propuesta, la empresa incurriría en un costo total anual de \$184,963.99. La cantidad de dinero promedio que invertiría Automekano en inventario sería \$31,589.23 (ver ecuación 2.4); así se disminuye un 93.64% de la cantidad de dinero que la empresa tenía invertido en repuestos y accesorios; además de una disminución de los costos que se incurre del inventario.

Tabla 24: Cantidad Económica de Pedido para que el Total del Inventario sea un Activo Circulante

Clase	C (Clase)	D (Mensual)	S (Pedido)	I (Fracción)	Punto de Reorden	EOQ
BHL	\$ 31,74	91,17	\$ 188.07	11.66%	229.55	336.35
BHL EXC	\$ 29,22	1,34			4.79	42.50
BHL SSL	\$ 51,96	6,01			15.99	67.50
EXC	\$ 55,56	63,09			173.58	211.48
RV	\$106,15	15,54			44.76	75.93
SSL	\$ 16,89	5,36			16.49	65.00
WL	\$ 40,99	42,28			115.32	201.56
WL BHL	\$ 50,24	3,86			11.15	55.01
WL BHL SSL	\$ 14,74	1			3.38	12.00
WL SSL	\$ 8,35	1			4.01	12.00
TH	\$ 33,04	5,96			18.50	84.29
Sin Info.	\$ 22,10	186,99			489.56	577.28

Realizado por: Juan Sebastian Mora

5.6 Política de Manejo del Inventario

Una vez establecida la cantidad que se debe pedir para cada clase de máquinas, se proseguirá a establecer la forma correcta de cómo debería operar el sistema de inventario. El proceso de colocación de un pedido no se puede modificar, porque las personas que lo solicitan, siempre tendrán que ser las mismas por el rol que tienen dentro de la empresa y su interacción con los repuestos. Lo que sí se verá afectado es la cantidad de tiempo que dediquen a dicha actividad las personas que daban inicio a un pedido, ya que, al incrementar la disponibilidad de artículos para entrega inmediata, de un 50.85% al 80% establecido por el análisis de Pareto, sus solicitudes para la importación de una parte serán menos frecuentes. Además, con una mayor disponibilidad de artículos, la compañía operaría con una mayor proporción en su venta de

repuestos bajo el principio de empuje y sólo aquellos items que no son frecuentes que se consuman, bajo el enfoque de tirón. La aprobación que el Gerente de Postventa realice sobre lo que se va a importar, debería ser sólo para aquellos artículos que no se los importa frecuentemente y así disminuir el costo de colocación de un pedido.

La forma de categorizar el inventario de la empresa debería modificarse porque muchos repuestos y accesorios quedan fuera de una categoría importante. Un ejemplo de esto son aquellos artículos que su venta es muy baja, pero que el ingreso que estos representan es significativo para la empresa. Por esto, las categorías para dividir al inventario deberían ser manejadas en base a los más vendidos y los que mayor utilidad neta represente para la empresa.

La revisión que se realice del inventario debería mantenerse de forma continua. De esta manera se podrán tomar decisiones con mayor rapidez sobre el reaprovisionamiento de artículos, manejar menores cantidades de artículos en bodega para contrarrestar las variaciones impredecibles de la misma. En cuanto a las revisiones periódicas, estas se las debe seguir realizando, pero analizar la viabilidad de no cerrar el despacho de repuestos a clientes que los adquieran en mostrador o para los técnicos que necesiten realizar mantenimientos o reparaciones. Para remplazar al Vendedor de Mostrador y a un Bodeguero en el proceso de conteo del inventario, se debe realizar un estudio de qué personas pueden ocupar aquellos puestos y que signifiquen el menor costo para la compañía, o proformar dicha actividad por una persona especializada en realizarlo.

Para las cantidades calculadas de reposición del inventario que ha sido consumido, éstas no son fijas y deben ser analizadas constantemente. Esto se debe a que los costos utilizados para el cálculo podrían variar con el tiempo como puede ser el costo de colocación de un pedido, el de asegurar el inventario o el de manejo de bodegas. Además el tiempo de reabastecimiento podría ser fluctuante por lo que el punto de reorden y la cantidad de inventario que se maneje de seguridad se modificaría. En el tiempo de reorden se debe analizar los puntos atípicos para conocer su razón y evaluar si se los puede eliminar o se los debe considerar. Por otro lado el factor de seguridad Z utilizado para la obtención del inventario de seguridad podría variar según el nivel de confianza que la empresa tenga con las importaciones. Se recomienda que se efectúe un estudio de repuestos que puedan ser utilizados por varias máquinas para que su nivel de rotación sea mayor. Por último, manejar el concepto de activo circulante más que de “huesos” en la compañía con la finalidad de no tener dinero invertido ociosamente.

Cuando en la empresa se vayan a realizar proyecciones, se recomienda que se las aplique con demanda agregada y a corto plazo para obtener un pronóstico más acertado. La información a utilizarse para la generación de las proyecciones se las debería realizar en base a la demanda y no en cuanto a las ventas; ya que con las ventas no se tiene el valor de las ventas perdidas. Además se debe buscar la opción de agregar en el Zeus un casillero en donde se coloque para qué máquina se está importando el repuesto y para qué parte de la misma está destinada. Ya que mientras mayor cantidad de información se posea, un análisis más a fondo y puntual se lo puede realizar.

Por otra parte el momento que se tome la decisión de implementar la propuesta para el manejo del inventario, a esta se la debe realizar evolutivamente para minimizar el sobre aprovisionamiento de artículos. Por lo que se debe realizar un análisis de la cantidad de items que se posee en bodega, la cantidad de dichos artículos que puedan existir en inventario en tránsito y así poder colocar un pedido en base al EOQ desagregado para cada clase. De esta manera comenzar a nivelar los niveles de inventario para maximizar los recursos de la compañía. Por otra parte, para realizar esta actividad se deben crear las nuevas categorías del inventario para futuras revisiones y un estudio de los tiempo de arribo para ver si se eliminan los puntos atípicos encontrados que modifiquen la cantidad en el pedido.

6.0 Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

- Automekano actualmente está operando con una política de inventario de revisión continua ya que posee un sistema implementado de esta forma. Para confirmar que los niveles de stock que arroja el sistema sean los correctos, la empresa realiza 2 inspecciones del inventario al año. Dentro de su política de reabastecimiento, la compañía realiza pedidos una vez a la semana de lo que los clientes necesitan. De igual manera, el reabastecimiento es complementado por un pedido sugerido del promedio de la demanda mensual para abastecerse por 2 meses, sin considerar un inventario de seguridad.
- El proceso de colocación de un pedido tiene como involucrados al Analista de Repuestos, Vendedor de Mostrador, Supervisor de Taller, Gerente de Postventa y Jefa de Importaciones. Cada una de estas personas es parte crucial en el proceso y no se puede omitir a ninguna de ellas. Esto se debe a que el Analista de Repuestos colocará en las órdenes lo que el pedido sugerido presente de información, el Vendedor de Mostrador podrá recibir solicitudes de algún repuesto que su consumo sea esporádico al igual que el Jefe de Taller en la reparación de un daño poco frecuente. El caso del Gerente de Postventa, debe aprobar lo solicitado para las importaciones y la Jefa de Importaciones es quien realiza la colocación final del pedido y su seguimiento.

- La compañía viene clasificando al inventario en 6 diferentes categorías según el comportamiento en la demanda de los artículos. Una de las categorías, es para los items que se han importado por primera vez al país por parte de la empresa y su clasificación se la denomina “Aperturados”. Las otras categorías son en base a la demanda que el artículo presente, en donde los repuestos que han sido vendidos al menos 6 veces en un año podrán ser parte del pedido sugerido.
- La empresa viene actualmente trabajando con \$500,000.00 en promedio mensualmente de la inversión en artículos que tiene en sus bodegas, pero se recomienda que se maneje en el inventario alrededor de \$100,000.00 incluyendo un presupuesto para la adquisición de artículos que no son de alta rotación. El excesivo dinero que la compañía tiene invertido en repuestos, se debe principalmente a que se tiene un sobre stock de ciertas partes y que no se las puede considerar como un activo circulante.

6.2 Recomendaciones

- Se propone en base a las proyecciones de la demanda, que la cantidad a pedir se soporte el consumo de al menos 2 meses. El primer error de la empresa, es que se debería trabajar con un valor más exacto del tiempo de reabastecimiento, al menos de forma semanal y de preferencia de manera diaria y considerando la desviación estándar del mismo. Además, se debe implementar un EOQ para minimizar los costos que se incurren en la importación de repuestos y un mejor manejo del inventario de seguridad y punto de reorden. Con una modificación de la política de inventario se

disminuyen todos los costos de cada artículo y se optimiza la cantidad de dinero que se tiene invertido en un 80% aproximadamente. Al incrementar los niveles de inventario, la satisfacción del cliente se incrementará ya que la empresa estará en mejor capacidad de entregar sus artículos de manera inmediata, y se disminuirán los tiempos muertos por parte de los técnicos de taller al no tener que esperar por el arribo de repuestos.

- La colocación de un pedido tiene demasiado tiempo invertido por parte del personal de la empresa. El momento que se corrijan los niveles de inventario, el punto de reorden y el inventario de seguridad, la disponibilidad de artículos se incrementa, disminuyendo el tiempo de trabajo invertido en estas actividades para las personas de taller y del Vendedor de Mostrador. Además se recomienda que el Gerente de Postventa sólo haga un análisis minucioso de aquellos artículos que no son habituales que se coloque en un pedido para disminuir el costo de colocación.
- Los parámetros con que la empresa viene clasificando el inventario no se analizan con la suficiente profundidad. Esto se debe a que se tiene establecido que para que un artículo sea de alta rotación, este debe venderse al menos 36 veces en promedio. Pero, sólo un artículo vendido tiene este nivel de rotación, haciendo que esta categoría sea casi nula. De esta manera, se le está restando importancia a los artículos de alta rotación real, por lo que se deben reajustar los niveles para clasificar al inventario, de preferencia utilizando los porcentajes que manejan los diagramas de Pareto. Además en la clasificación que utiliza la empresa se pierden artículos cuya demanda puede ser inferior a 6 unidades anualmente, pero

con un alto nivel de rentabilidad. El momento que se aplique de la forma sugerida la categorización de repuestos, se debería conseguir la meta de tener el 80% de piezas y partes para entrega inmediata, satisfaciendo los niveles de exigencia de JCB.

- Se recomienda que se maneje todo el inventario identificado dentro de la categoría de alta rotación, que son los que mayor ingreso representan para la empresa, como pedidos marítimos para disminuir los costos de los artículos al arribo a bodega. Así disminuiría su costo de importación, el nivel de servicio e incrementaría las ganancias para la empresa. Esto también volvería a la empresa más competitiva con sus precios frente a la competencia. Los artículos que tengan media y baja rotación se los debería importar por vía aérea, haciendo una reserva de dinero para cuando esto sea necesario asumiendo el excedente del costo de la importación, que sería compensado con la satisfacción de los clientes. De esta manera se tendría mayor dinero en efectivo que se lo puede poner a producir y no tenerlo invertido en repuestos o accesorios sin rotación.
- Cuando se vaya a solicitar varios repuestos para reparar una parte grande de una máquina, se debería considerar importar la parte completa si el costo lo amerita. Así de esta manera utilizar las partes que se requieran para reparar el daño y los excedentes embodegarlos como repuestos para utilizar economías de escala.
- Cambiar el factor fijo que se maneja de pasar del precio de fábrica, al precio de venta al público por dos factores, en el primero en base al precio del artículo y el otro por el peso del repuesto. Para esto se debería realizar

un análisis más profundo de los artículos que arriban a la empresa para poder generar el factor de transformación.

- Realizar una verificación de lo que se está importando como repuestos; ya que se encontró repuestos, el momento que se identificaron las clases, con alto nivel de rotación pero que el JDS arroja información que no le corresponde a ninguna máquina que se tenga registro en el país, como es el caso de código 991/00103.
- Verificar en cuanto a políticas internacionales de JCB, si amerita importar repuestos que se puedan conseguir localmente con la misma calidad; como es el caso del repuesto con código 720/10061 que es un foco.
- Realizar una evaluación de la viabilidad de ingresar en el Zeus un casillero en donde se ingrese para qué máquina y para qué parte de la misma se está importando un repuesto, para que en un futuro se tenga más información para la realización de proyecciones y volverlas más acertadas y puntuales.

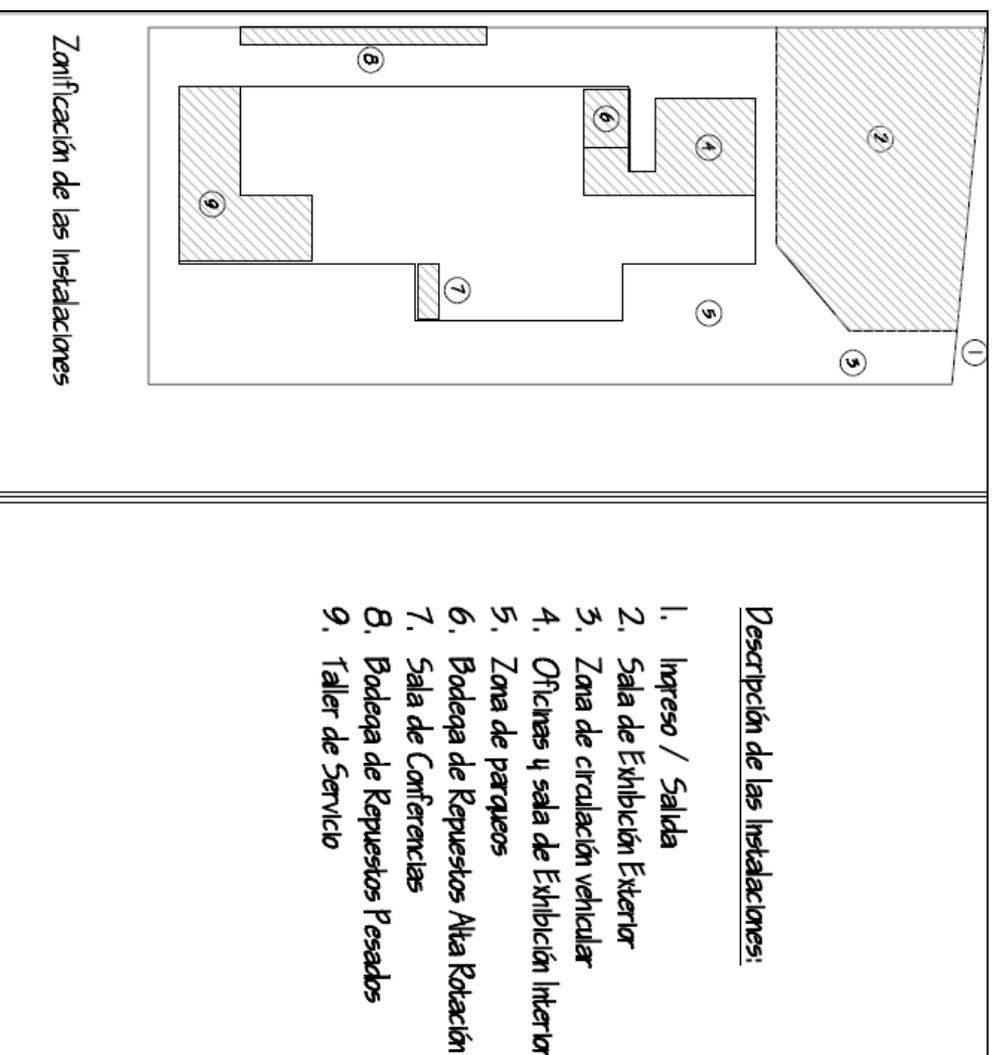
Bibliografía

- Bastidas, David. Entrevista personal. 5 de Enero del 2010
- Garcés, Paúl. Entrevista personal. 15 de Septiembre del 2009
- Parra, Jorge. Entrevista vía correo electrónico. 15 de Diciembre del 2009
- Pilatuña, Cristian. Entrevista personal. 09 de Noviembre del 2009
- Vásconez, Ana Carolina. Entrevista vía correo electrónico. 05 de Noviembre del 2009
- Vásconez, David. Entrevista telefónica. 11 de Noviembre del 2009
- Vásconez, Santiago. Entrevista personal. 15 de Septiembre del 2009
- Administración del Inventario. Del Paz. Quito, 17 de Septiembre del 2009
- Ballou, Ronald H. Logística. Administración de la Cadena de Suministro. Quinta Edición. México: Pearson Prentice Hall, 2004
- Bellini M. Franco. Pagina Personal. Octubre 2004, 25 de Enero del 2010.
<http://investigacion-operaciones.com>
- Billington, Peter, Dennis W. Mcleavey y Sim Narasimhan. Planeación de la Producción y Control del Inventario. Segunda Edición. México D.F.: Pearson Prentice Hall, 1996.
- Campbell, John Dixon, Salih O. Duffuaa y A. Raouf. Sistemas de Mantenimiento. Planeación y Control. México D.F.: Editorial Limusa SA de CV, 2006.
- Chopra, Sunil y Peter Meindl. Administración de la Cadena de Suministros (Estrategia, Planeación y Operación). Tercera Edición. México D.F.: Pearson Prentice Hall, 2008.

- “Cursos de Formación, Curso a Distancia”. JCB. Online. 18 de Noviembre del 2009. <<http://jcbtraining.com>>
- “Economías de Escala, Activo Circulante”. Enciclopedia de Economía. Online. 28 de Enero del 2010. <http://www.economica48.com>
- Ebert, Ronald J. y Adam Everett E. Jr. Production and Operations Management. Concepts, Models and Behavior. Cuarta Edición. Estados Unidos de Norte América: Prentice-Hall International Editions, 1989
- Galindo, Edwin. Estadística: Métodos y Aplicaciones. Quito: Prociencia, 2006
- Hopp, Wallace J. y Mark L. Spearman. Factory Physics. Segunda Edición. Nueva York: Mc Graw Hill, 2001.
- “Inventario”. Nueva Enciclopedia Larousse. Primera Edición. Barcelona: Editorial Planeta, 1981
- “Inventario”. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería. 27 de Enero 2010. <http://materias.fi.uba.ar/7105/Diapositivas%20Inventarios.pdf>
- JCB, Equipos para Construcción, Agricultura y Manejo de Materiales. 16 de Noviembre del 2009. <http://www.jcb.com>
- “JCB pone en Marcha un Programa de Maquinaria Usada”. Minute Machine. 3 de Noviembre del 2009, 27 de Enero del 2010. <<http://es.minutemachine.com>>
- Luxhoj, James T., Elin M. Wicks y William G. Sullivan. Ingeniería Económica. Decima Edición. Ciudad de México: Pearson Prentice Hall, 2004

- Soto, Lauro. Pagina Personal. Ensenada (México). 27 de Enero 2010.
<<http://www.mitecnologico.com/Main/DefinicionTiposDeInventarios>>

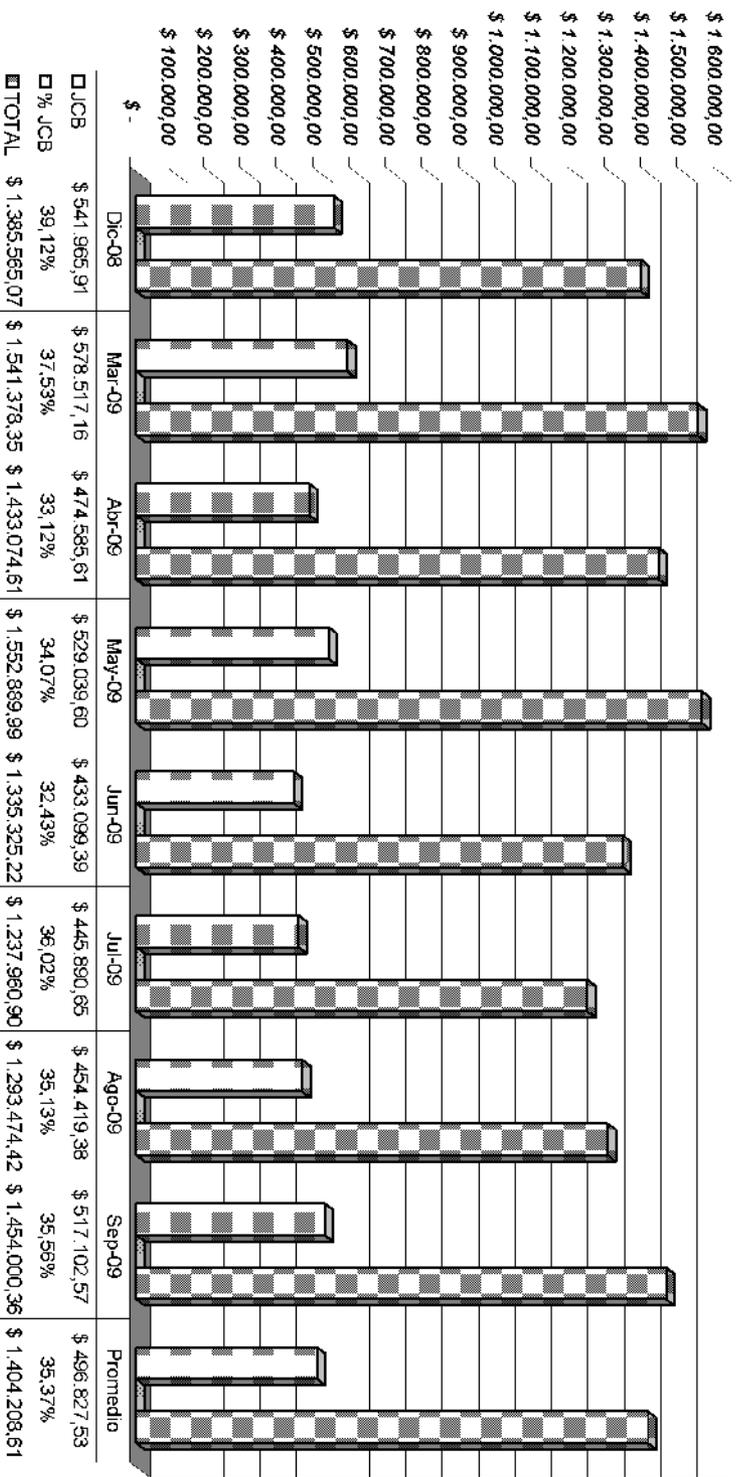
Anexo 1 : Imagen de las Instalaciones



Realizado por: Juan Sebastian Mora

Anexo 2: Cantidad de Dinero Total Invertida en Inventario y la Cantidad de Dinero Invertida en JCB

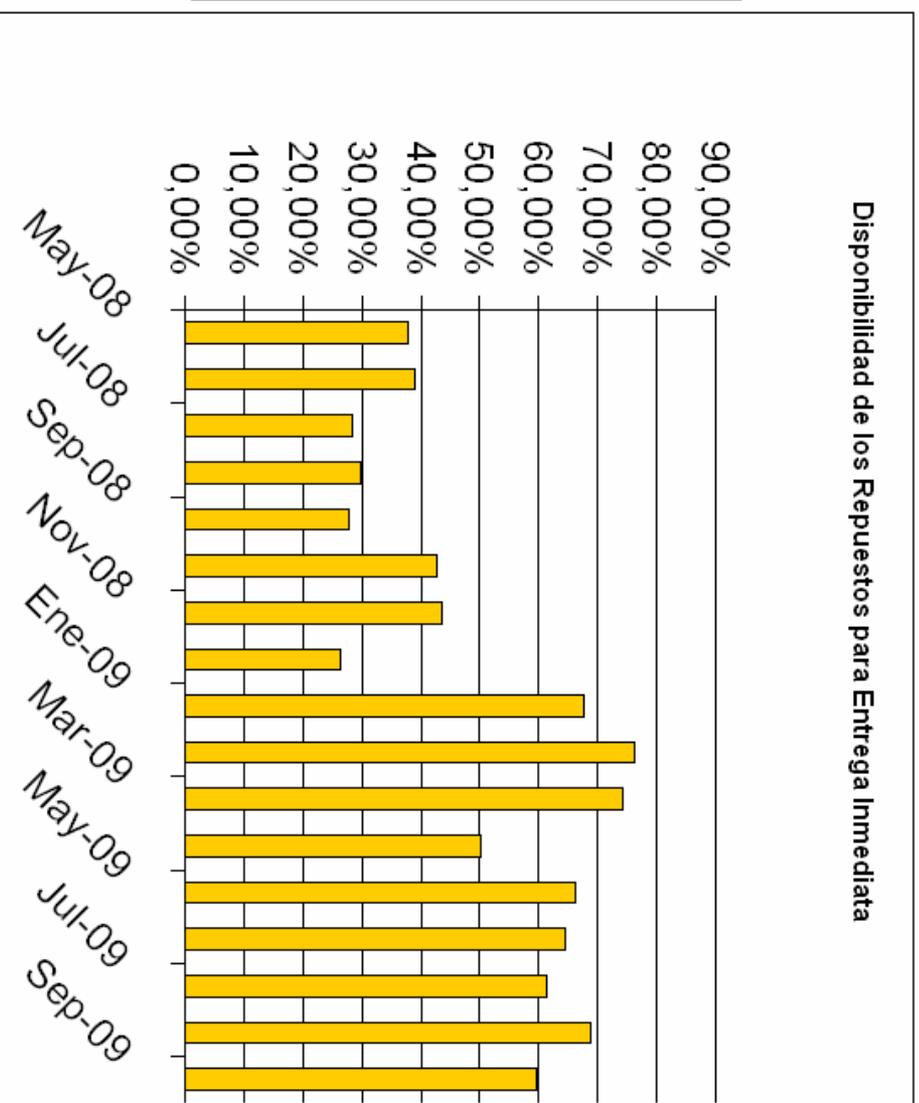
Desglose de Dinero Invertido en Repuestos en Base al Costo Unitario



Realizado por: Juan Sebastian Mora

Anexo 3: Disponibilidad de los Repuestos para Entrega Inmediata a los Clientes

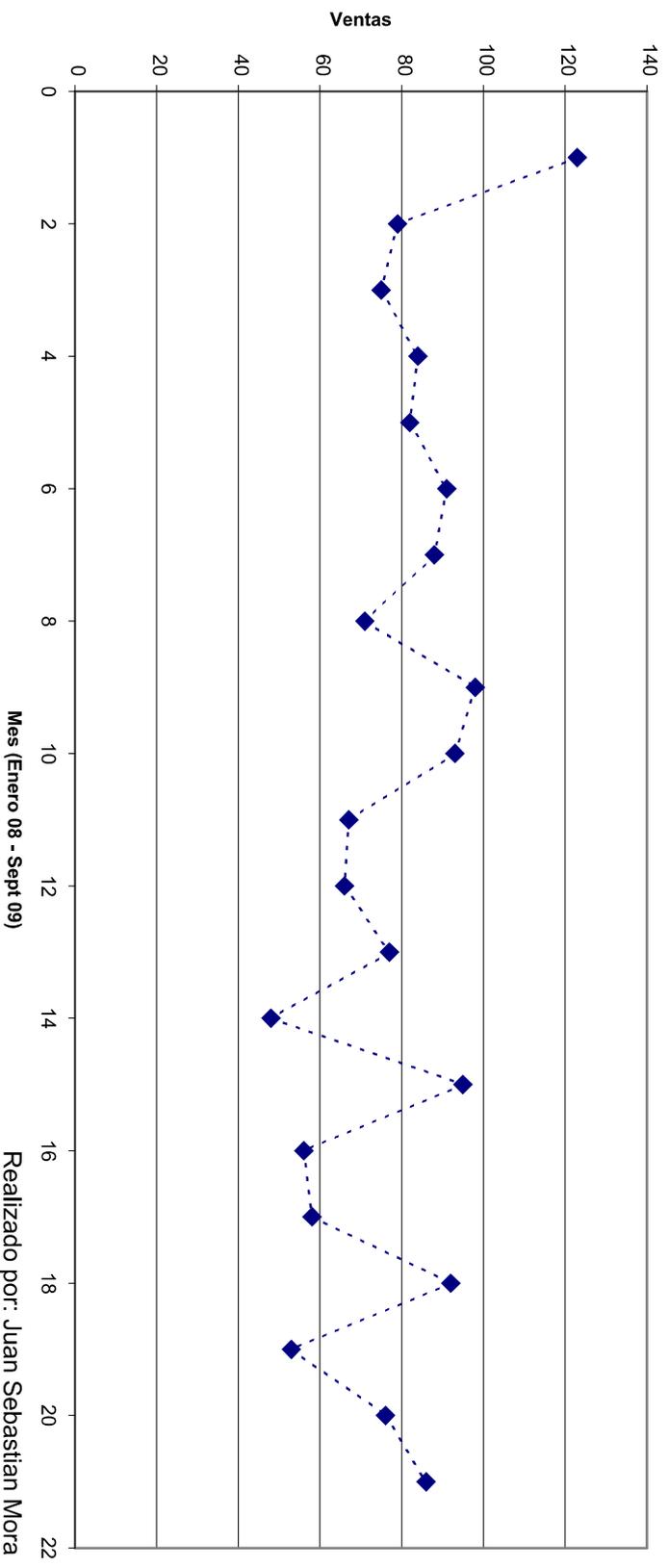
Mes	Disponibilidad del Repuestos
May-08	37,89%
Jun-08	39,04%
Jul-08	28,29%
Ago-08	29,73%
Sep-08	27,90%
Oct-08	42,74%
Nov-08	43,60%
Dic-08	26,46%
Ene-09	67,75%
Feb-09	76,25%
Mar-09	74,29%
Abr-09	50,16%
May-09	66,25%
Jun-09	64,41%
Jul-09	61,43%
Ago-09	68,66%
Sep-09	59,60%
Promedio	50,85%



Realizado por: Carlos Burgos

Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

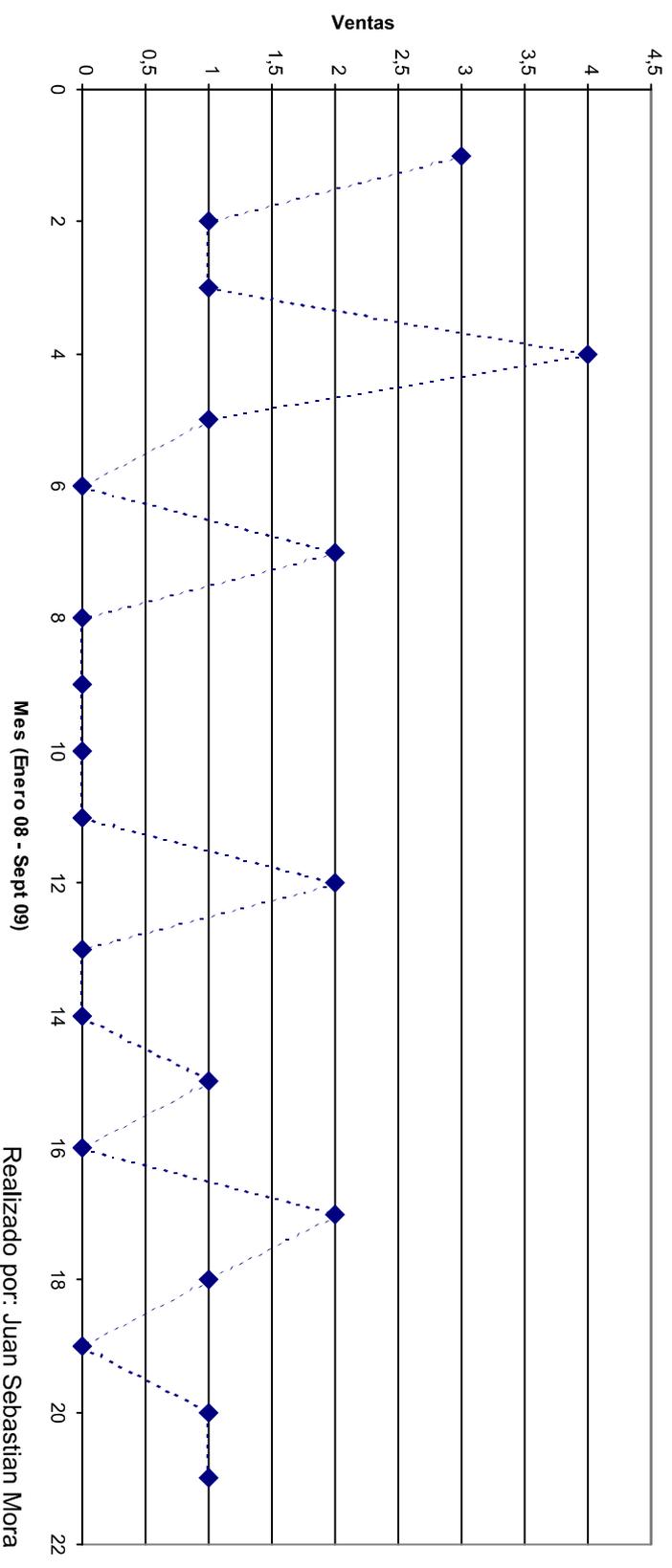
Comportamiento de las Ventas para las Retroexcavadoras



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta un leve decrecimiento del consumo de repuestos para la clase BHL.

Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

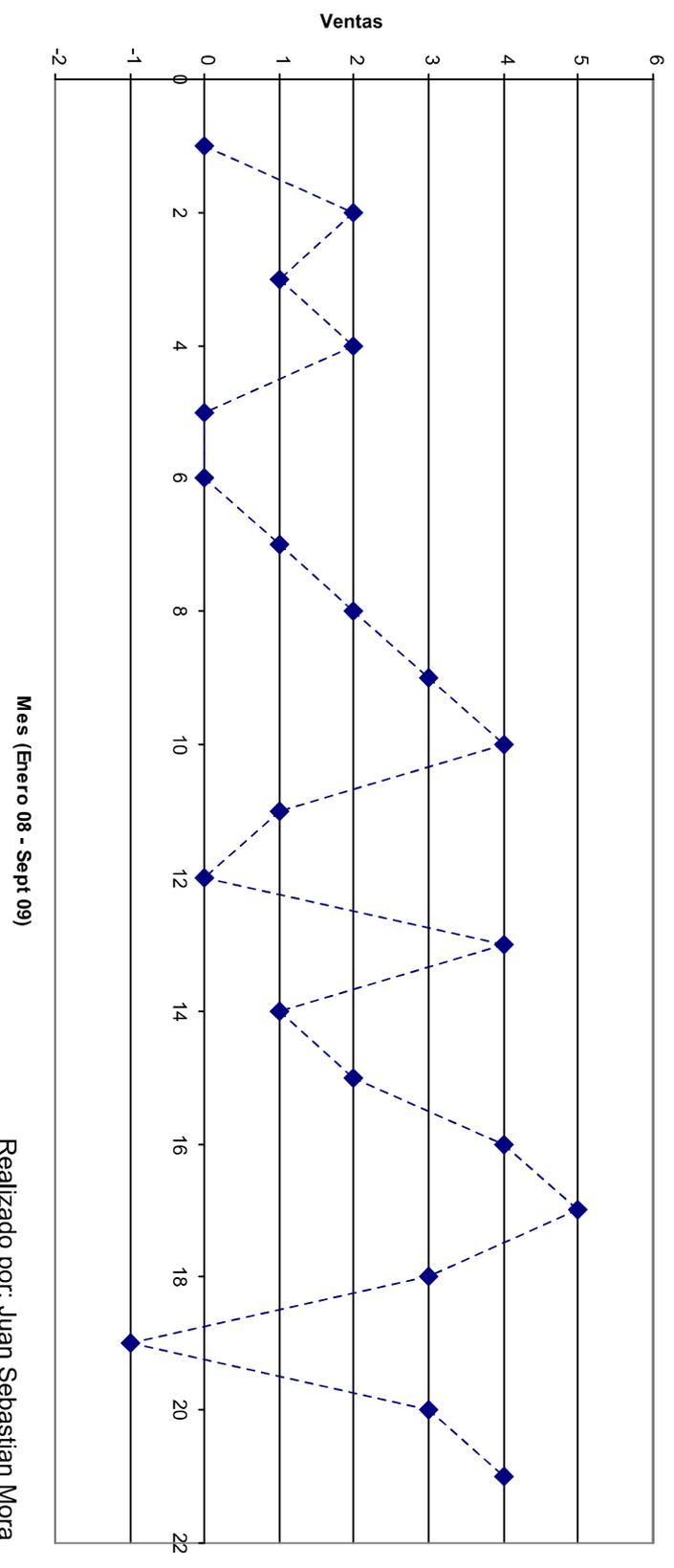
Comportamiento de las Ventas para las Retroexcavadoras y Excavadoras



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta decrecimiento del consumo de repuestos para la clase BHL y EXC.

Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

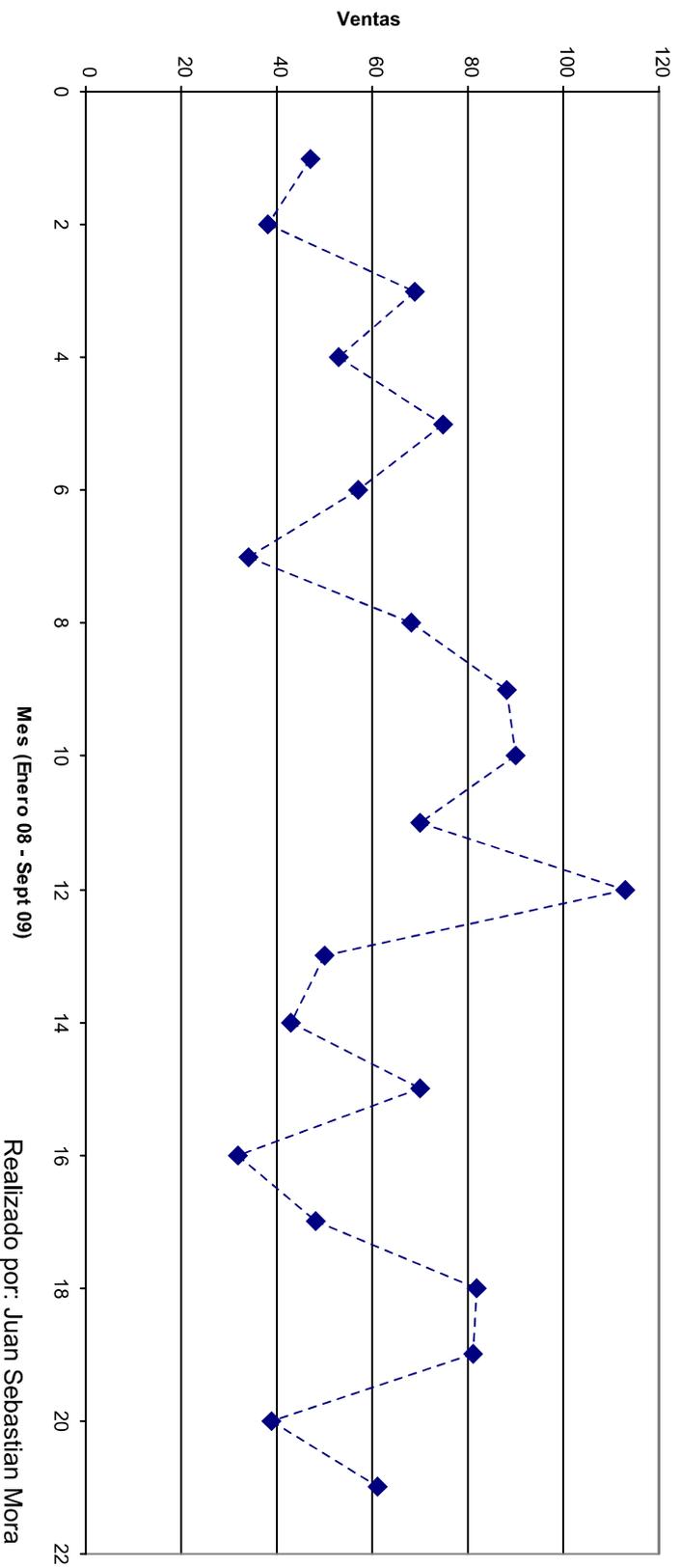
Comportamiento de las Ventas para las Retroexcavadoras y Robots



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta crecimiento del consumo de repuestos para la clase BHL y SSL.

Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

Comportamiento de las Ventas para las Excavadoras

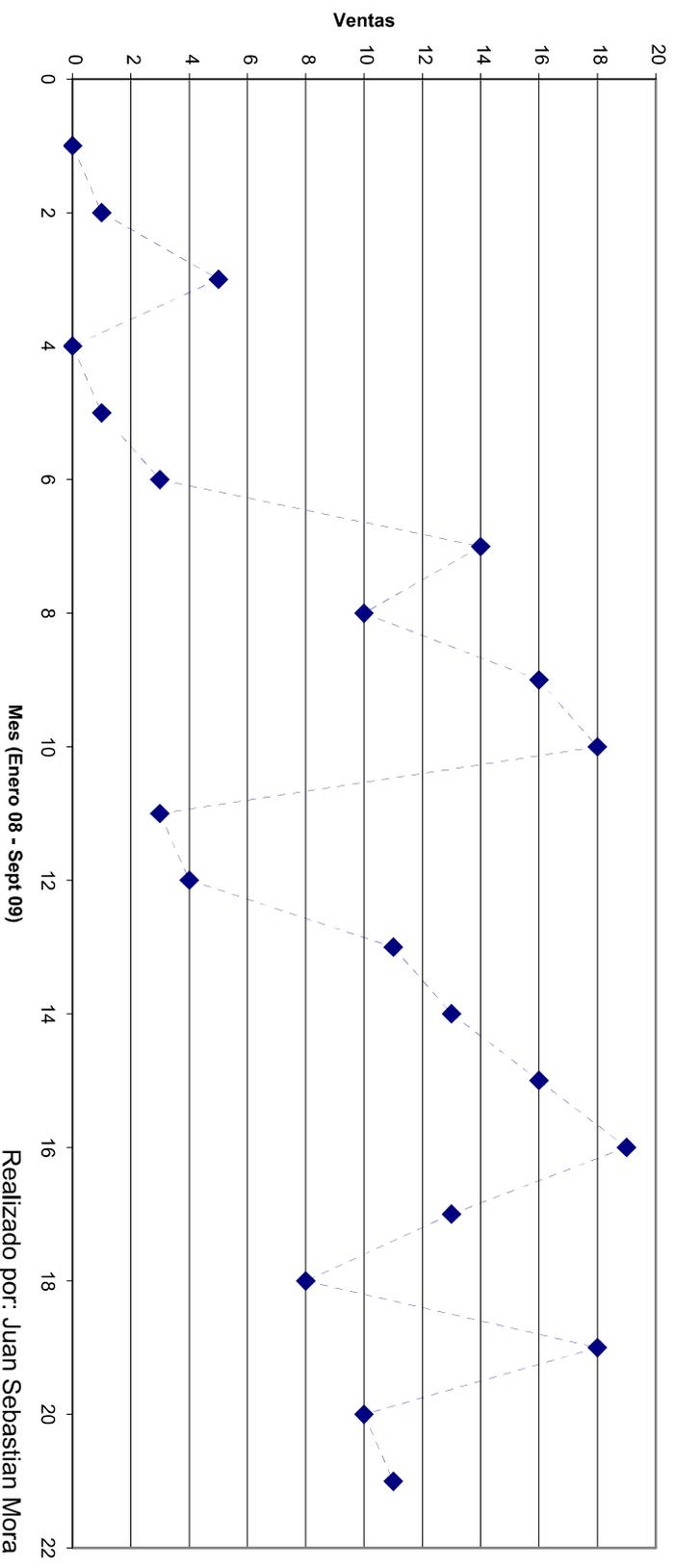


Realizado por: Juan Sebastian Mora

Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta un ligero crecimiento del consumo de repuestos para la clase EXC.

Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

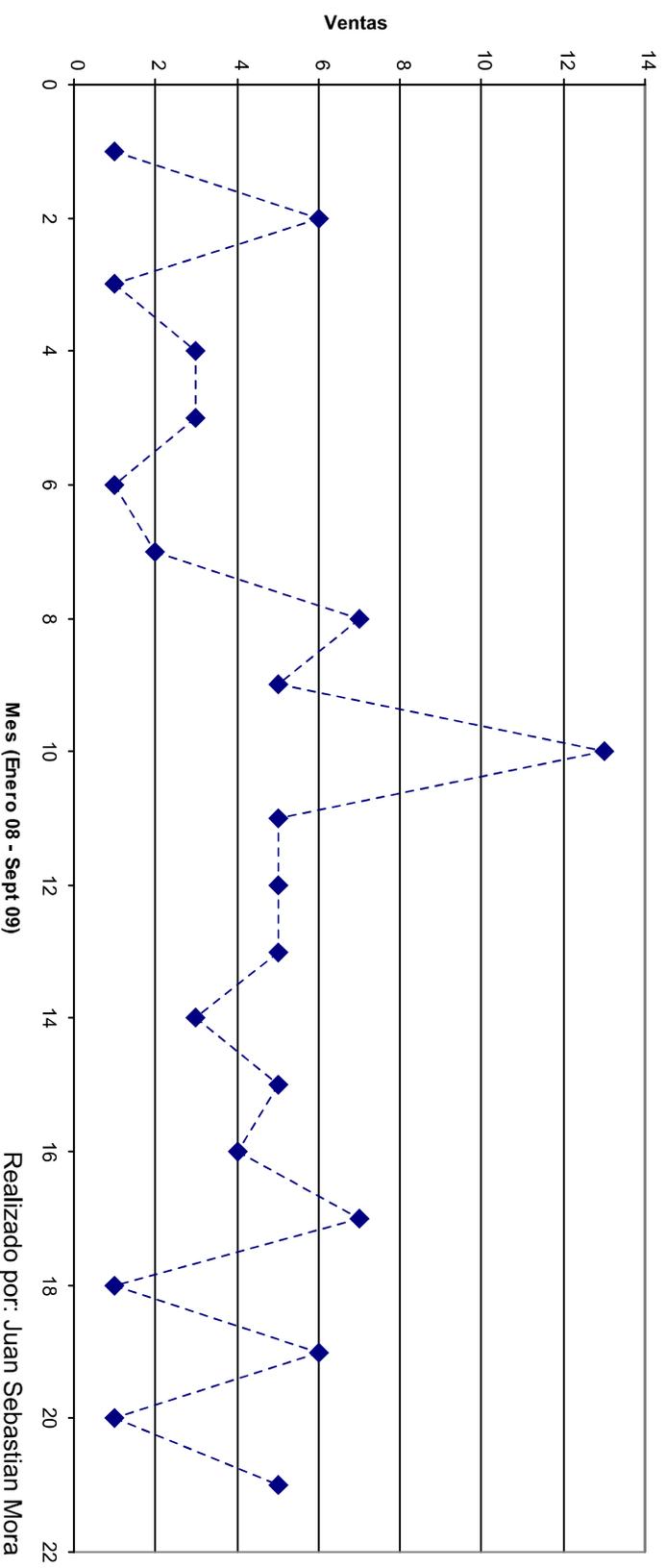
Comportamiento de las Ventas para los Rodillos



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se visualiza crecimiento del consumo de repuestos para la clase RV.

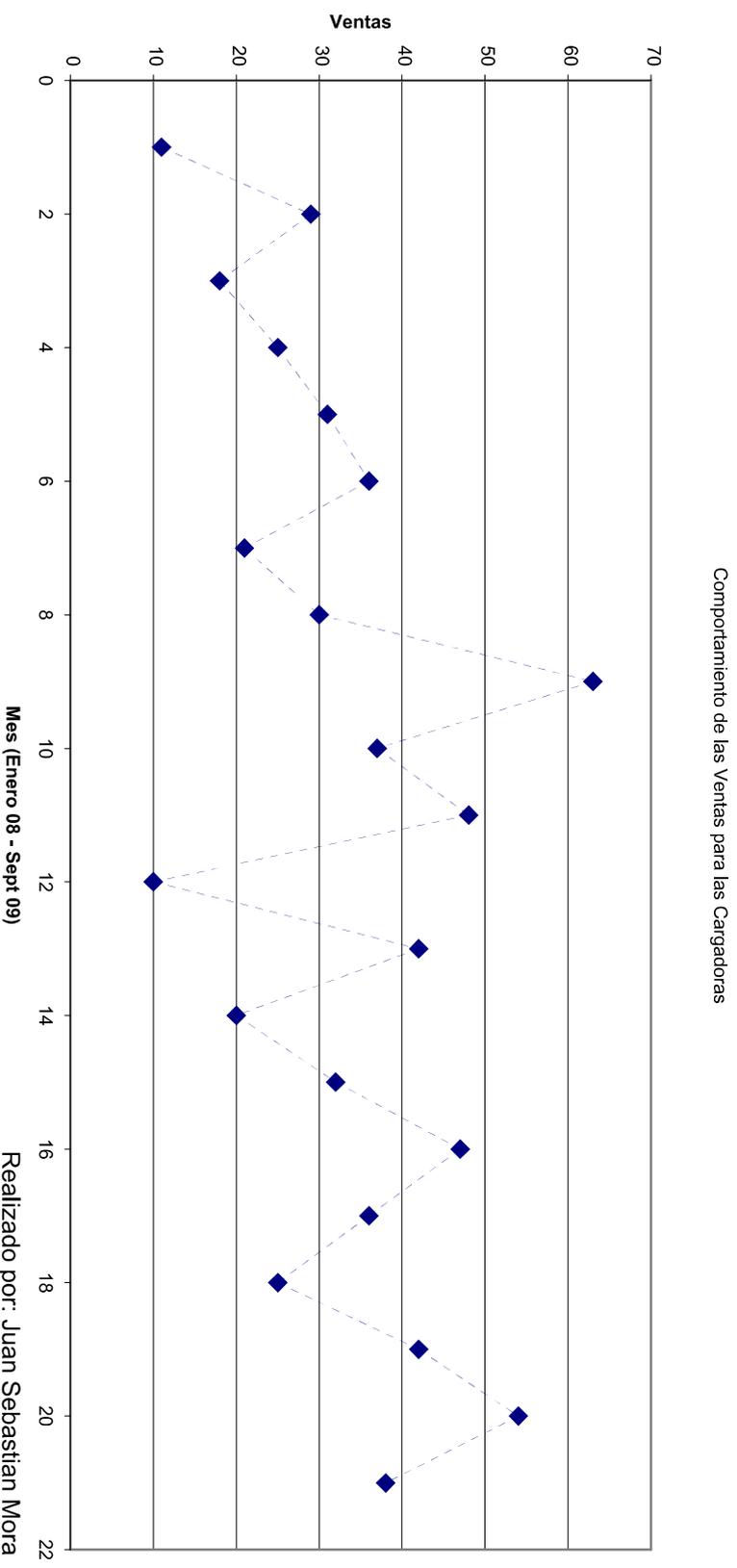
Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

Comportamiento de las Ventas para los Robots



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta un leve crecimiento del consumo de repuestos para la clase SSL.

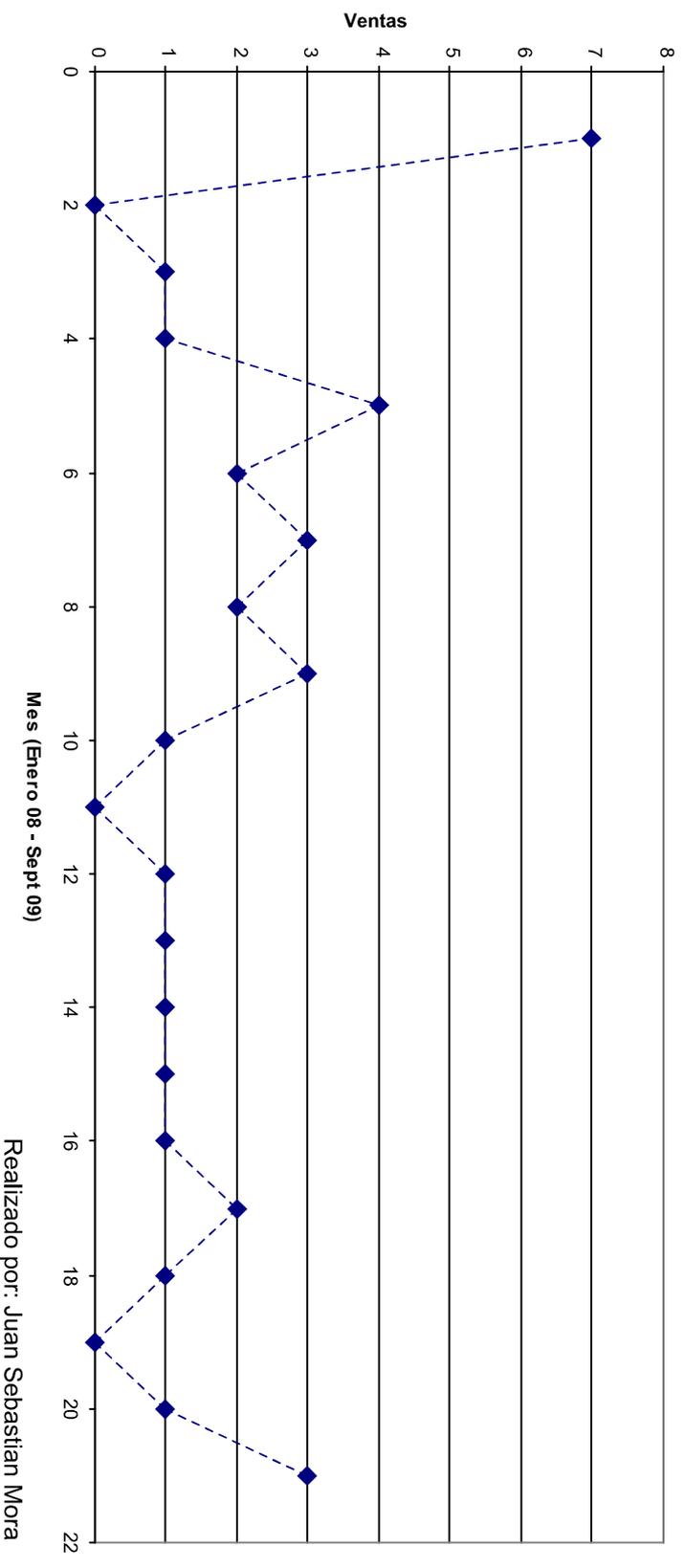
Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta crecimiento del consumo de repuestos para la clase WL.

Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

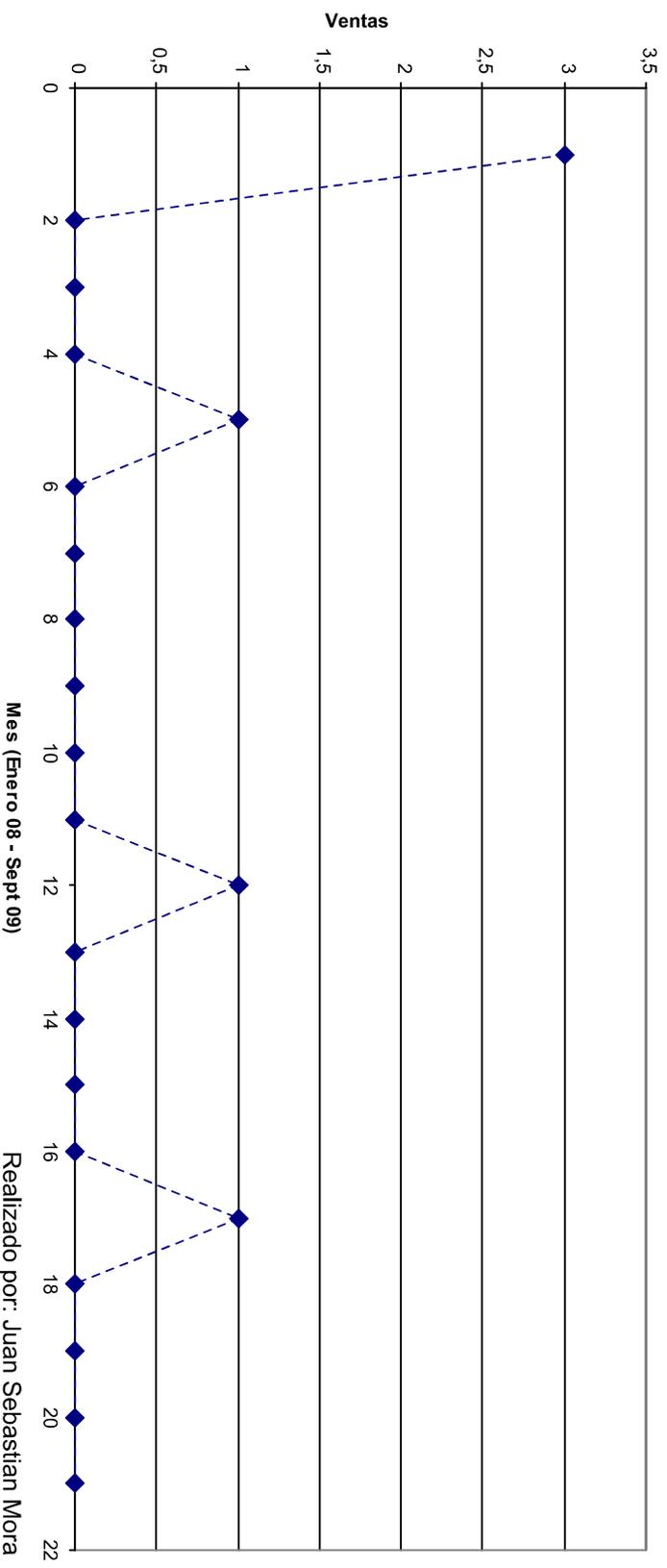
Comportamiento de las Ventas para las Cargadoras y Retroexcavadoras



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta un leve decrecimiento del consumo de repuestos para la clase WL y BHL.

Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

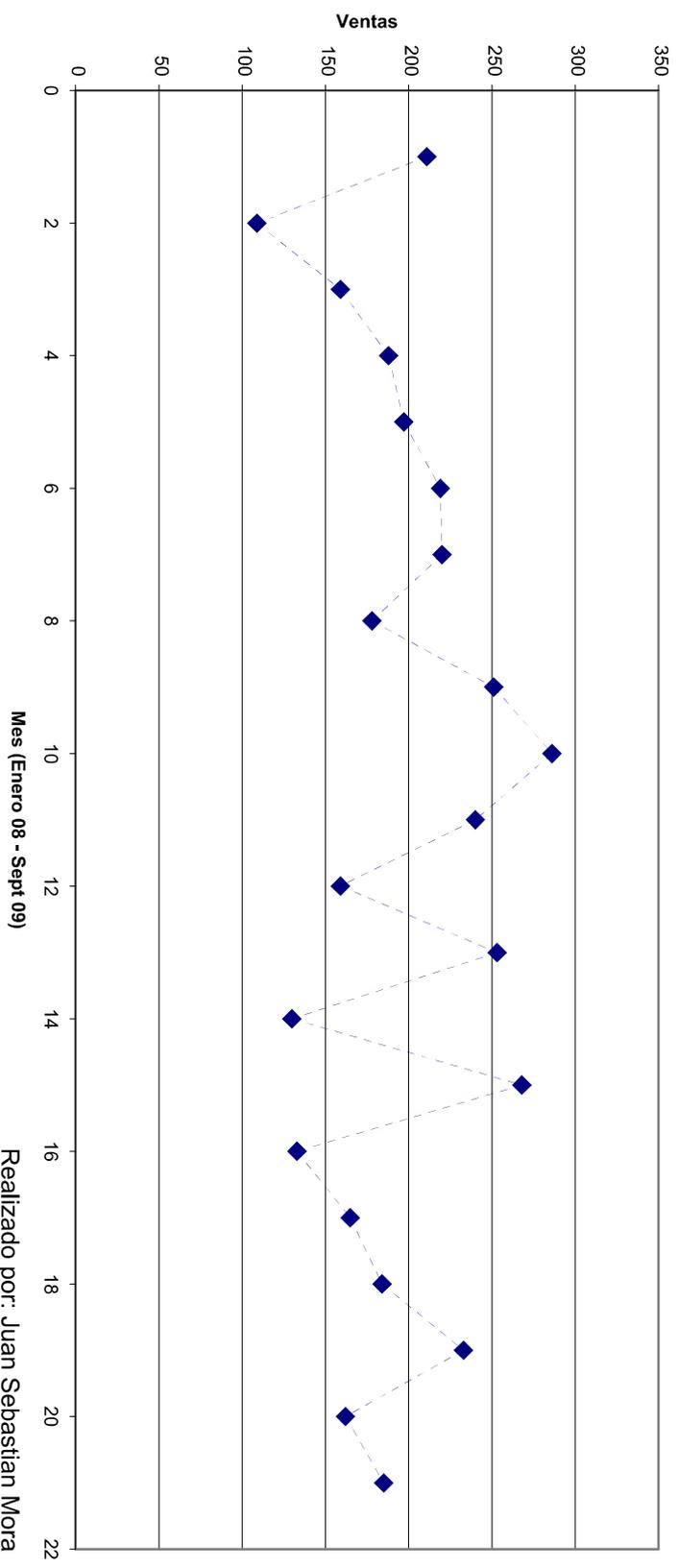
Comportamiento de las Ventas para las Cargadoras, Retroexcavadoras y Robots



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta un leve decrecimiento del consumo de repuestos para la clase WL, BHL y SSL.

Anexo 4: Diagramas de Dispersión de Cada Clase

Comportamiento de las Ventas para los Datos Sin Máquina Asignada



Se puede apreciar que no existe estacionalidades o ciclos en las ventas, el mes del año no es un factor que afecta el consumo de repuestos y se interpreta un leve crecimiento del consumo de repuestos para la clase Sin Información..

Anexo 5: Resultados del Modelo Promedio Móvil

Resumen de Resultados para las BHL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	16,55	23,06	-0,13	3,88	81	20,69
Promedio Móvil Simple (n de 3)	13,43	18,83	-1,51	4,13	72	16,78
Promedio Móvil Simple (n de 4)	15,50	21,99	-1,34	4,26	77	19,38

Se puede apreciar que para la clase BHL, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=3. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados para las BHL y EXC

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	1,11	85,53	-1,00	1,96	1	1,38
Promedio Móvil Simple (n de 3)	0,83	62,56	-1,00	2,67	1	1,04
Promedio Móvil Simple (n de 4)	0,85	72,79	1,00	6,00	1	1,07

Se puede apreciar que para la clase BHL y EXC, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=3. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 5: Resultados del Modelo Promedio Móvil

Resumen de Resultados para las BHL y SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	1,82	112,85	-3,29	2,67	4	2,27
Promedio Móvil Simple (n de 3)	3,62	108,71	-1,49	0,14	2	4,53
Promedio Móvil Simple (n de 4)	1,60	45,42	-8,22	-3,47	2	2,00

Se puede apreciar que para la clase BHL y SSL, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=2. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos. Aunque tiene mayor MAPE que n=3, este modelo satisface mayor número de condiciones.

Resumen de Resultados para las EXC

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	22,95	41,04	-4,25	-0,06	50	28,68
Promedio Móvil Simple (n de 3)	20,70	36,60	-4,07	0,88	60	25,88
Promedio Móvil Simple (n de 4)	20,96	38,24	-4,87	0,84	66	26,19

Se puede apreciar que para la clase EXC, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=3. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 5: Resultados del Modelo Promedio Móvil

Resumen de Resultados para los RV

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	5,37	94,67	-5,88	0,00	11	6,71
Promedio Móvil Simple (n de 3)	5,22	81,58	-5,70	2,00	13	6,53
Promedio Móvil Simple (n de 4)	5,54	71,65	-5,83	1,00	12	6,93

Se puede apreciar que para la clase RV, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=3. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados para los SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	2,26	88,85	-3,79	3,33	3	2,83
Promedio Móvil Simple (n de 3)	2,46	84,76	-5,38	2,86	4	3,08
Promedio Móvil Simple (n de 4)	2,50	88,63	-4,52	2,40	3	3,13

Se puede apreciar que para la clase SSL, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=2. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos. Aunque tiene mayor MAPE que n=3, este satisface más condiciones.

Anexo 5: Resultados del Modelo Promedio Móvil

Resumen de Resultados para las WL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	11,55	43,42	-4,20	1,00	46	14,44
Promedio Móvil Simple (n de 3)	11,39	47,38	-5,69	-0,83	45	14,24
Promedio Móvil Simple (n de 4)	10,68	43,23	-5,66	-1,00	40	13,35

Se puede apreciar que para la clase WL, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=4. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para las WL y BHL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	0,95	67,11	-0,50	3,40	2	1,18
Promedio Móvil Simple (n de 3)	0,94	61,40	-1,65	2,32	1	1,18
Promedio Móvil Simple (n de 4)	0,79	53,06	-3,75	2,09	1	0,99

Se puede apreciar que para la clase WL y BHL, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=4. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 5: Resultados del Modelo Promedio Móvil

Resumen de Resultados de los Modelos para las WL, BHL y SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	0,39	39,47	0,60	3,86	0	0,49
Promedio Móvil Simple (n de 3)	0,39	38,72	0,00	2,67	0	0,49
Promedio Móvil Simple (n de 4)	0,31	30,88	-1,00	4,20	0	0,39

Se puede apreciar que para la clase WL, BHL y SSL, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=4. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados para las Sin Familia Asignada

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Promedio Móvil Simple (n de 2)	46,03	24,42	-5,59	1,00	174	57,53
Promedio Móvil Simple (n de 3)	44,04	23,68	-6,06	-0,80	193	55,05
Promedio Móvil Simple (n de 4)	42,09	22,79	-5,53	-0,34	191	52,61

Se puede apreciar que para la clase WL, BHL y SSL, el valor de n que arroja el mejor resultado es para n=4. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 6: Resultados del Modelo Suavizamiento Exponencial Simple

Resumen de Resultados para las BHL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	14,05	19,58	-5,39	3,08	75,73	17,56
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	16,47	22,00	-1,78	2,45	78,28	20,59
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	19,36	25,88	-1,07	1,94	84,81	24,20

Se puede apreciar que para la clase BHL, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para las BHL y EXC

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	0,90	66,07	-3,73	2,19	0,82	1,13
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	1,05	77,14	-2,13	1,40	0,88	1,31
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	1,21	90,51	-1,74	0,78	0,99	1,52

Se puede apreciar que para la clase BHL y EXC, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 6: Resultados del Modelo Suavizamiento Exponencial Simple

Resumen de Resultados de los Modelos para las BHL y SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	1,42	52,89	-3,07	5,92	2,31	1,78
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	1,63	58,81	-2,74	2,79	3,06	2,03
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	1,79	72,71	-2,08	1,70	3,86	2,24

Se puede apreciar que para la clase BHL y SSL, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para las EXC

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	18,40	33,86	-4,01	3,30	62,13	23,00
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	20,84	38,17	-3,34	2,00	58,50	26,05
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	23,44	42,92	-2,49	2,00	59,22	29,31

Se puede apreciar que para la clase EXC, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 6: Resultados del Modelo Suavizamiento Exponencial Simple

Resumen de Resultados de los Modelos para las RV

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	5,49	184,60	-3,20	6,00	10,99	6,86
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	5,08	138,89	-2,65	3,92	11,66	6,35
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	4,87	124,62	-2,25	2,50	10,97	6,09

Se puede apreciar que para la clase RV, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,9$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	2,11	101,24	-2,84	4,92	4,31	2,63
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	2,51	108,31	-3,54	2,55	3,92	3,14
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	3,10	133,79	-2,83	1,26	4,65	3,88

Se puede apreciar que para la clase SSL, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 6: Resultados del Modelo Suavizamiento Exponencial Simple

Resumen de Resultados de los Modelos para WL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L ₂₂	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	10,46	44,70	-2,66	5,37	35,88	13,08
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	12,23	53,46	-2,13	1,95	41,64	15,29
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	15,66	65,29	-2,19	1,36	39,46	19,57

Se puede apreciar que para la clase WL, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para WL y BHL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L ₂₂	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	1,20	77,67	-3,26	3,33	1,49	1,50
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	1,23	74,64	-1,02	1,79	1,91	1,53
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	1,41	87,65	-1,00	1,28	2,79	1,76

Se puede apreciar que para la clase WL y BHL, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 6: Resultados del Modelo Suavizamiento Exponencial Simple

Resumen de Resultados de los Modelos para WL, BHL y SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	0,51	42,14	-1,87	1,88	0,19	0,63
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	0,54	45,85	-1,00	0,93	0,03	0,68
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	0,56	47,29	-1,08	0,57	0,00	0,70

Se puede apreciar que para la clase WL BHL y SSL, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para las Sin Familia Asignada

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv. Est. Error	
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,1)	40,87	23,16	-3,64	3,17	194,78	51,08
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,5)	44,12	25,45	-3,11	2,09	184,35	55,15
Suavizamiento Exponencial Simple (alfa 0,9)	53,76	31,07	-2,50	1,50	183,36	67,20

Se puede apreciar que para la clase Sin Información, el valor de α que arroja el mejor resultado es para $\alpha = 0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo esta dentro de los rangos.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT BHL

Regression Statistics	
Multiple R	0,43160845
R Square	0,186285854
Adjusted R Square	0,143458794
Standard Error	16,34613073
Observations	21

ANOVA									
	df	SS	MS	F	Significance F				
Regression	1	1162,228571	1162,228571	4,349723106	0,050739211				
Residual	19	5076,72381	267,19599						
Total	20	6238,952381							
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	
Intercept	92,46666667	7,396726293	12,50102586	1,29446E-10	76,9851358	107,9481975	76,9851358	107,9481975	
X Variable 1	-1,228571429	0,589073662	-2,08559898	0,050739211	-2,461517156	0,004374299	-2,461517156	0,004374299	

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 14.34%. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT BHL EXC

Regression Statistics	
Multiple R	0,324646821
R Square	0,105395559
Adjusted R Square	0,058311114
Standard Error	1,083913738
Observations	21

ANOVA									
	df	SS	MS	F	Significance F				
Regression	1	2,62987013	2,62987013	2,238436924	0,151043636				
Residual	19	22,32251082	1,174868991						
Total	20	24,95238095							
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	
Intercept	1,595238095	0,490477739	3,252416917	0,004190892	0,568656071	2,62182012	0,568656071	2,62182012	
X Variable 1	-0,058441558	0,03906154	-1,496140677	0,151043636	-0,140198326	0,023315209	-0,140198326	0,023315209	

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 5,83%. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT BHL SSL

Regression Statistics	
Multiple R	0,424999776
R Square	0,18062481
Adjusted R Square	0,1374998
Standard Error	1,567186013
Observations	21

ANOVA									
	df	SS	MS	F	Significance F				
Regression	1	10,28701299	10,28701299	4,188400419	0,05479091				
Residual	19	46,66536797	2,456071998						
Total	20	56,95238095							
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	
Intercept	0,680952381	0,709161463	0,960221919	0,349004824	-0,803340081	2,165244843	-0,803340081	2,165244843	
X Variable 1	0,115584416	0,056477464	2,046558189	0,05479091	-0,002624311	0,233793142	-0,002624311	0,233793142	

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 13.74%. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT EXC

Regression Statistics	
Multiple R	0,067146207
R Square	0,004508613
Adjusted R Square	-0,04788567
Standard Error	21,74444721
Observations	21

ANOVA									
	df	SS	MS	F	Significance F				
Regression	1	40,68701299	40,68701299	0,086051623	0,772438079				
Residual	19	8983,598701	472,8209843						
Total	20	9024,285714							
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	
Intercept	59,75714286	9,839498227	6,073190063	7,688975E-06	39,16282999	80,35145573	39,16282999	80,35145573	
X Variable 1	0,22987013	0,783615484	0,293345569	0,772438079	-1,410256437	1,869996696	-1,410256437	1,869996696	

La bondad de la regresión es cero debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es negativo. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT RV

Regression Statistics	
Multiple R	0,620507602
R Square	0,385029684
Adjusted R Square	0,352662825
Standard Error	5,182502063
Observations	21

ANOVA									
	df	SS	MS	F	Significance F				
Regresión	1	319,5012987	319,5012987	11,89580018	0,002688834				
Residual	19	510,3082251	26,85832764						
Total	20	829,8095238							
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	
Intercept	2,152380952	2,345114566	0,917814841	0,370220387	-2,756001769	7,060763673	-2,756001769	7,060763673	
X Variable 1	0,644155844	0,18676441	3,449028875	0,002688834	0,253253319	1,035058369	0,253253319	1,035058369	

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 35.36%. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT SSL

Regression Statistics	
Multiple R	0,146415956
R Square	0,021437632
Adjusted R Square	-0,03006565
Standard Error	2,904604652
Observations	21

ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	3,511688312	3,511688312	0,416238171	0,526534753			
Residual	19	160,2978355	8,436728184					
Total	20	163,8095238						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	3,495238095	1,314351754	2,659286667	0,015488969	0,744267404	6,246208787	0,744267404	6,246208787
X Variable 1	0,067532468	0,104674686	0,645165228	0,526534753	-0,151554236	0,286619171	-0,151554236	0,286619171

La bondad de la regresión es cero debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es negativo. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT WL

Regression Statistics	
Multiple R	0,425259623
R Square	0,180845747
Adjusted R Square	0,137732366
Standard Error	12,61611641
Observations	21

ANOVA										
	df	SS	MS	F	Significance F					
Regression	1	667,6480519	667,6480519	4,194654652	0,054627067					
Residual	19	3024,161472	159,1663933							
Total	20	3691,809524								
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	22,85238095	5,708871505	4,002959417	0,00076103	10,90357186	34,80119005	10,90357186	34,80119005	10,90357186	34,80119005
X Variable 1	0,931168831	0,454653276	2,048085607	0,054627067	-0,020431708	1,88276937	-0,020431708	1,88276937	-0,020431708	1,88276937

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 13.77%. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT WL BHL

Regression Statistics	
Multiple R	0,353851844
R Square	0,125211128
Adjusted R Square	0,079169608
Standard Error	1,551552042
Observations	21

ANOVA									
	df	SS	MS	F	Significance F				
Regresión	1	6,546753247	6,546753247	2,719526392	0,115563419				
Residual	19	45,73896104	2,407313739						
Total	20	52,28571429							
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	
Intercept	2,728571429	0,702086994	3,886372278	0,000993248	1,259086006	4,198056851	1,259086006	4,198056851	
X Variable 1	-0,092207792	0,055914054	-1,64909866	0,115563419	-0,209237289	0,024821705	-0,209237289	0,024821705	

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 7.91%. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT WL BHL SSL

Regression Statistics	
Multiple R	0,325863267
R Square	0,106186869
Adjusted R Square	0,059144072
Standard Error	0,695606759
Observations	21

ANOVA										
	Df	SS	MS	F	Significance F					
Regression	1	1,092207792	1,092207792	2,257239723	0,149429535					
Residual	19	9,193506494	0,483868763							
Total	20	10,28571429								
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%		
Intercept	0,7	0,314766405	2,223871384	0,038479903	0,041186139	1,358813861	0,041186139	1,358813861		
X Variable 1	-0,037662338	0,025067928	-1,502411303	0,149429535	-0,090130129	0,014805454	-0,090130129	0,014805454		

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 5.91%. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT WL SSL

Regression Statistics	
Multiple R	0,409512558
R Square	0,167700535
Adjusted R Square	0,1238953
Standard Error	1,031426886
Observations	21

ANOVA									
	df	SS	MS	F	Significance F				
Regression	1	4,072727273	4,072727273	3,828321768	0,06525359				
Residual	19	20,21298701	1,063841422						
Total	20	24,28571429							
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	
Intercept	1,085714286	0,466727111	2,326229312	0,03122471	0,108842913	2,062585659	0,108842913	2,062585659	
X Variable 1	-0,072727273	0,037170045	-1,956609764	0,06525359	-0,150525095	0,005070549	-0,150525095	0,005070549	

La bondad de la regresión es muy baja debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es de 12.39%. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 7: Regresión Lineal para cada Clase

SUMMARY OUTPUT Sin Información

Regression Statistics	
Multiple R	0,014178001
R Square	0,000201016
Adjusted R Square	-0,052419983
Standard Error	48,97770869
Observations	21

ANOVA									
	Df	SS	MS	F	Significance F				
Regression	1	9,163636364	9,163636364	0,003820066	0,951362327				
Residual	19	45577,50303	2398,815949						
Total	20	45586,66667							
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%	
Intercept	195,4666667	22,16271921	8,819615716	3,82241E-08	149,0795478	241,8537855	149,0795478	241,8537855	
X Variable 1	0,109090909	1,765034104	0,061806686	0,951362327	-3,585169075	3,803350893	-3,585169075	3,803350893	

La bondad de la regresión es cero debido a que el valor del coeficiente de determinación (r^2) ajustado es negativo. Este porcentaje es el valor de qué tanto se ajustan los valores a la recta de los datos. Por lo que su diferencia se le atribuye al error de ajuste.

Anexo 8: Resultados del Modelo de Holt

Resumen de Resultados de los Modelos para las BHL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv Est Error
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	12,80	16,73	-2,67	1,24	65,26
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	7,00	8,94	-5,23	1,00	83,72
Holt (alfa 0,6 y beta 0,35)	5,72	7,35	-5,95	0,88	84,02
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	12,39	16,60	-3,31	1,00	98,60

Se puede apreciar que para la clase BHL, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,6$ y para $\beta=0,35$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para las BHL y EXC

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv Est Error
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	0,85	63,66	-2,44	2,10	0,31
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	0,49	39,17	-3,87	1,32	0,89
Holt (alfa 0,7 y beta 0,3)	0,28	28,59	-5,04	1,08	0,99
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	0,78	51,42	-1,84	1,27	1,30

Se puede apreciar que para la clase BHL y EXC, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,7$ y para $\beta=0,3$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Anexo 8: Resultados del Modelo de Holt

Resumen de Resultados de los Modelos para las BHL y SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L ₂₂	Desv Est Error	
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	1,14	39,14	-1,05	3,13	3,23	1,42
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	0,73	30,30	-0,46	6,42	2,96	0,91
Holt (alfa 0,9 y beta 0,6)	0,69	21,13	-1,00	5,33	5,14	0,87
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	0,72	29,06	-1,39	5,85	2,96	0,89

Se puede apreciar que para la clase BHL y SSL, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,9$ y para $\beta=0,6$.

Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para las EXC

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L ₂₂	Desv Est Error	
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	16,67	31,14	-4,70	2,64	64,82	20,83
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	9,34	16,64	-2,57	4,60	60,04	11,67
Holt (alfa 0,9 y beta 0,3)	3,97	7,07	-2,30	5,68	58,13	4,96
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	15,51	28,20	-2,00	2,92	62,77	19,39

Se puede apreciar que para la clase EXC, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,9$ y para $\beta=0,3$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Anexo 8: Resultados del Modelo de Holt

Resumen de Resultados de los Modelos para las RV

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv Est Error	
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	4,10	110,14	-2,30	5,47	16,38	5,13
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	2,31	44,77	-1,26	7,58	10,27	2,89
Holt (alfa 0,3 y beta 0,55)	3,02	73,02	-1,67	5,94	11,79	3,77
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	3,38	64,57	-1,88	6,40	9,62	4,22

Se puede apreciar que para la clase RV, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,3$ y para $\beta=0,55$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv Est Error	
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	1,83	91,34	-3,21	4,12	5,00	2,29
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	1,24	43,97	-2,63	4,16	3,59	1,55
Holt (alfa 0,9 y beta 0,3)	0,42	14,36	-4,46	5,98	4,83	0,53
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	1,75	71,74	-1,48	4,18	6,53	2,19

Se puede apreciar que para la clase SSL, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,9$ y para $\beta=0,3$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Anexo 8: Resultados del Modelo de Holt

Resumen de Resultados de los Modelos para WL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L ₂₂	Desv Est Error	
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	8,56	38,58	-3,58	3,42	43,24	10,71
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	5,60	22,26	-0,39	6,11	46,91	7,00
Holt (alfa 0,9 y beta 0,7)	5,52	23,38	-1,00	5,06	35,38	6,90
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	8,60	35,18	-1,00	3,91	31,00	10,75

Se puede apreciar que para la clase WL, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,9$ y para $\beta=0,7$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para WL y BHL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L ₂₂	Desv Est Error	
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	1,00	61,02	-2,84	0,81	0,69	1,25
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	0,60	44,27	-4,26	0,95	2,27	0,75
Holt (alfa 0,7 y beta 0,5)	0,37	31,43	-5,45	2,00	3,03	0,46
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	0,92	60,28	-2,69	1,00	4,72	1,15

Se puede apreciar que para la clase WL y BHL, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,7$ y para $\beta=0,5$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Anexo 8: Resultados del Modelo de Holt

Resumen de Resultados de los Modelos para WL, BHL y SSL

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv Est Error	
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	0,41	33,90	-3,00	1,86	-0,12	0,51
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	0,26	24,49	-3,48	1,13	-0,10	0,33
Holt (alfa 0,9 y beta 0,3)	0,07	6,52	-11,44	1,07	-0,03	0,08
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	0,40	35,26	-1,78	1,00	0,02	0,50

Se puede apreciar que para la clase WL, BHL y SSL, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,9$ y para $\beta=0,3$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Resumen de Resultados de los Modelos para las Sin Familia Asignada

Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS	L22	Desv Est Error	
Holt (alfa 0,1 y beta 0,1)	37,86	21,57	-4,17	2,82	197,88	47,32
Holt (alfa 0,5 y beta 0,5)	21,63	11,92	-2,52	3,88	187,05	27,04
Holt (alfa 0,9 y beta 0,1)	4,15	2,27	-3,39	4,24	181,80	5,19
Holt (alfa 0,9 y beta 0,9)	33,49	19,07	-1,87	2,91	179,81	41,86

Se puede apreciar que para la clase Sin Información, el valor de α y β que arroja el mejor resultado es para $\alpha=0,9$ y para $\beta=0,1$. Esto se debe a que presenta el menor valor del MAD, MAPE, Desviación Estándar del Error y su señal de rastreo está dentro de los rangos.

Anexo 9: Mejores Resultados de Todos los Métodos

Clase	Método Utilizado	MAD	MAPE	Rango TS		L22	Desv Est Error
BHL	P.M.S. (n de 3)	13,43	0,97	-1,51	4,13	72,00	16,78
	S.E.S (alfa 0,1)	14,05	0,85	-5,39	3,08	75,73	17,56
BHL EXC	Holt (alfa 0,6 y beta 0,35)	5,72	0,35	-5,95	0,88	84,02	7,15
	P.M.S. (n de 3)	0,83	5,56	-1,00	2,67	1	1,04
	S.E.S (alfa 0,1)	0,90	4,52	-3,73	2,19	0,82	1,13
BHL SSL	Holt (alfa 0,7 y beta 0,3)	0,28	1,41	-5,04	1,08	0,99	0,35
	P.M.S. (n de 2)	1,82	4,66	-3,29	2,67	4	2,27
	S.E.S (alfa 0,1)	1,42	3,47	-3,07	5,92	2,31	1,78
EXC	Holt (alfa 0,9 y beta 0,6)	0,69	1,69	-1,00	5,33	5,14	0,87
	P.M.S. (n de 3)	20,70	1,79	-4,07	0,88	60	25,88
	S.E.S (alfa 0,1)	18,40	1,41	-4,01	3,30	62,13	23,00
RV	Holt (alfa 0,9 y beta 0,3)	3,97	0,30	-2,30	5,68	58,13	4,96
	P.M.S. (n de 3)	5,22	2,78	-5,70	2,00	13	6,53
	S.E.S (alfa 0,9)	4,87	2,51	-2,25	2,50	10,97	6,09
SSL	Holt (alfa 0,3 y beta 0,55)	3,02	1,56	-1,67	5,94	11,79	3,77
	P.M.S. (n de 2)	2,26	2,76	-3,79	3,33	3	2,83
	S.E.S (alfa 0,1)	2,11	2,37	-2,84	4,92	4,31	2,63
WL	Holt (alfa 0,9 y beta 0,3)	0,42	0,48	-4,46	5,98	4,83	0,53
	P.M.S. (n de 4)	10,68	1,74	-5,66	-1,00	40	13,35
	S.E.S (alfa 0,1)	10,46	1,51	-2,66	5,37	35,88	13,08
WL BHL	Holt (alfa 0,9 y beta 0,7)	5,52	0,79	-1,00	5,06	35,38	6,90
	P.M.S. (n de 3)	0,79	2,94	-3,75	2,09	1	0,99
	S.E.S (alfa 0,1)	1,20	3,33	-3,26	3,33	1,49	1,50
Sin Info	Holt (alfa 0,7 y beta 0,5)	0,37	1,03	-5,45	2,00	3,03	0,46
	P.M.S. (n de 4)	42,09	1,22	-5,53	-0,34	191	52,61
	S.E.S (alfa 0,1)	40,87	0,99	-3,64	3,17	194,78	51,08
	Holt (alfa 0,9 y beta 0,1)	4,15	0,10	-3,39	4,24	181,80	5,19

Realizado por: Juan Sebastian Mora

Nota: No se ejemplifica las clases: WL BHL SSL, WL SSL y TH debido a que sus ventas tienen tendencia a 0.

Anexo 10: Tiempo de Arribo de Artículos a Bodega de Manera Marítima

R263-09	22-Ene	04-Feb	13	25-Feb	03-Abr	37	58	09-Abr	13-Abr	6	81
R268-09	30-Ene	06-Feb	7	25-Feb	03-Abr	37	56	09-Abr	13-Abr	6	73
R271-09	06-Feb	10-Feb	4	25-Feb	03-Abr	37	52	09-Abr	13-Abr	6	66
279-284	06-Mar	11-Mar	5	06-Abr	30-Abr	24	50	05-May	06-May	5	61
R287	21-Mar	26-Mar	5	06-Abr	30-Abr	24	35	05-May	06-May	5	46
R291-09	01-Abr	09-Abr	8	09-May	11-Jun	33	63	23-Jun	24-Jun	12	84
R294-09	08-Abr	11-Abr	3	09-May	11-Jun	33	61	23-Jun	24-Jun	12	77
R297-09	24-Abr	30-Abr	6	24-Jun	13-Jul	19	74	18-Ago	19-Ago	36	117
R298-09	30-Abr	21-May	21	24-Jun	14-Jul	20	54	16-Jul	17-Jul	2	78
R301-09	08-May	21-May	13	24-Jun	14-Jul	20	54	16-Jul	17-Jul	2	70
R304-09	19-May	28-May	9	24-Jun	14-Jul	20	47	16-Jul	17-Jul	2	59
R307-09	28-May	08-Jun	11	24-Jun	14-Jul	20	36	16-Jul	17-Jul	2	50
R309-09	03-Jun	08-Jun	5	24-Jun	14-Jul	20	36	16-Jul	17-Jul	2	44
R312-09	12-Jun	15-Jun	3	24-Jun	14-Jul	20	29	16-Jul	17-Jul	2	35
R316-09	02-Jul	20-Jul	18	25-Jul	27-Ago	33	38	01-Sep	02-Sep	5	62
Tiempo Promedio Marítimo en JCB											
Descripción		Media	Desv. Estándar								
Desde Pedido a Facturación		8,73	5,47								
Desde Facturado hasta Aduana		26,47	7,46								
Desde Aduana hasta Nacionalización		7,00	8,68								
Desde el Pedido hasta Automekano		66,87	20,11								
Tiempo Promedio 3 Vias JCB											
Nacionalización	2,33										

Realizado Por: Carlos Burgos y Juan Sebastian Mora