

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Diseño y evaluación de un sistema de gestión de inventario para múltiples productos en la UEB MONCAR de Villa Clara

Autor: Giselle Curbelo Pino

Tutores: Dr.C. Roberto Cespón Castro

Ing. Rosley Roque Abella

Santa Clara , junio, 2018
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Department of Industrial Engineering

DIPLOMA THESIS

Title: Design and evaluation of an inventory management system for multiple products in the UEB MONCAR of Villa Clara

Author: Giselle Curbelo Pino

Thesis Director: Dr.C. Roberto Cespón Castro

Ing. Rosley Roque Abella

Santa Clara , June, 2018
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830 Teléfonos.: +53 01
42281503-1419

Dedicatoria

A mis padres, por ser mi inspiración, guía y soporte. A ellos debo lo que soy hoy como persona.

Agradecimientos

A Dios por estar siempre en mi vida, protegiéndome y mostrándome el mejor camino.

A mi familia y en especial a mis padres por la formación que me han dado, por su amor y cariño.

A mis amigos por estar presentes en mi vida, por apoyarme tanto en los buenos como en los malos momentos. Son muchos a los que mencionar, pero agradezco especialmente a las amigas que siempre me han acompañado a lo largo de mi carrera.

A mi tutor por su paciencia, y haber sabido guiarme para realizar esta ardua tarea.

A todas aquellas personas que han entrado a mi vida en cualquier instante para traerme apoyo, alegría o felicidad.

A todos Muchas Gracias.

Resumen

Resumen

Una correcta gestión de inventario posee una reveladora importancia para el buen funcionamiento de las organizaciones. Sin embargo, muchas de esas instituciones no cuentan con métodos o técnicas fundamentadas que permitan optimizar esta actividad. Un ejemplo de ello lo constituye la UEB MONCAR Centro perteneciente a Villa Clara. Es por ello que, la presente investigación se realiza en dicha UEB, con el objetivo de diseñar un sistema de gestión de inventario de reabastecimiento conjunto, que logre alcanzar niveles de disponibilidad adecuados, así como de oportunidad, al menor costo posible. Para cumplir con ese objetivo, se comenzó con un capítulo I, que sustenta la investigación, donde se realiza una profunda revisión bibliográfica sobre conceptos, técnicas e indicadores relacionados con la gestión de inventarios. Luego se confecciona el capítulo II, donde se caracteriza la entidad objeto de estudio y su situación actual, detectándose los principales problemas que afectan la gestión de sus inventarios. Se realiza la clasificación de los insumos de la entidad por el criterio ABC/XYZ, donde quedan definidas las piezas a aplicar el diseño (motor Diésel Isuzu, mástil de elevación y neumático macizo 28x9-15), se hallan los costos y se diseña el sistema de reabastecimiento conjunto. Seguidamente se hizo la simulación de Montecarlo para definir stock de seguridad y nivel de servicio al cliente. Por último, se evaluó el desempeño de la gestión de inventario actual de la empresa, donde se pudo corroborar la superioridad del sistema de inventario diseñado con respecto a la gestión de inventario actual, siendo menos costoso, con una mayor rotación del inventario y nivel de servicio al cliente.

Abstract

Abstract

Correct inventory management has a revealing importance for the proper functioning of organizations. However, many of these institutions do not have well-established methods or techniques to optimize this activity. An example of this is the UEB MONCAR Center belonging to Villa Clara. That is why, the present research is carried out in said UEB, with the objective of designing a joint replenishment inventory management system, which achieves adequate levels of availability, as well as opportunity, at the lowest possible cost. To fulfill this objective, we began with a chapter I, which supports the research, where a thorough bibliographic review is carried out on concepts, techniques and indicators related to inventory management. Then Chapter II is drawn up, where the entity under study and its current situation are characterized, detecting the main problems that affect the management of their inventories. The classification of the inputs of the entity is done by ABC / XYZ criterion, where the parts to be applied are defined (Isuzu diesel engine, mast of elevation and solid tire 28x9-15), the costs are found and the joint replenishment system. Monte Carlo simulation was then done to define security stock and level of customer service. Finally, the performance of the current inventory management of the company was evaluated, where it was possible to corroborate the superiority of the inventory system designed with respect to the current inventory management, being less expensive, with a greater inventory rotation and level of customer service.

Índice

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. Conceptos generales asociados a la logística y gestión de inventario	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Conceptos generales sobre logística y gestión de la cadena de suministros.	5
1.3 Sistemas de Gestión de inventario.....	7
1.3.1 Clasificación de los inventarios.....	8
1.3.2 Principales modelos de gestión de inventario.....	10
1.3.3 Principales indicadores para evaluar el desempeño de la gestión de inventarios	14
1.4 Principales regulaciones sobre la gestión de inventario en las empresas cubanas	16
1.5 Empresas reparadoras de montacargas a nivel mundial.....	18
1.5.1 Gestión de inventario en estas empresas.....	20
1.6 Conclusiones parciales	20
Capítulo 2: Análisis y mejora de la gestión de inventario en la UEB MONCAR Centro	24
2.1 Caracterización general de la UEB MONCAR Centro	24
2.2 Caracterización de la Gestión de inventario en la UEB MONCAR Centro	28
2.3 Propuesta de diseño de un modelo de gestión de inventario en la UEB MONCAR Centro	30
2.3.1 Clasificación de los inventarios.....	30
2.3.2 Estimación de costos relacionados a la gestión de inventario	33
2.3.3 Diseño de un sistema de pedidos conjuntos para los productos seleccionados	40
2.3.4 Análisis del desempeño del sistema de reabastecimiento de múltiples artículos a partir de la simulación de Montecarlo	43
2.4 Evaluación del desempeño del sistema de inventario actual en la UEB MONCAR Centro con respecto al sistema de reabastecimiento conjunto diseñado	48

2.5 Conclusiones parciales 51

Conclusiones 54

Recomendaciones 56

Bibliografía 58

Anexos 63

Introducción

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos la complejidad de las tareas realizadas en almacenes y plataformas logísticas han aumentado, debido a las estrategias de diversificación que desarrollan las empresas con el objeto de impulsar su nivel competitivo, reflejándose en un incremento en el número de referencias a gestionar, así como también en una disminución del tiempo de respuesta a partir del inventario disponible. Asimismo, este incremento de la complejidad está haciendo imposible el control y seguimiento del inventario. (Chackelson Lurner and Errasti López, 2010)

La gestión de un sistema de inventarios es una actividad transversal a la cadena de abastecimiento que constituye uno de los aspectos logísticos más complejos en cualquier sector de la economía. Las inversiones en los inventarios son cuantiosas y el control de capital asociado a las materias primas, los inventarios en proceso y los productos finales, constituyen una potencialidad para lograr mejoramientos en el sistema. Sin embargo, esta complejidad en la gestión se hace cada vez más aguda teniendo en cuenta los efectos que generan fenómenos como la globalización, la apertura de mercados, el incremento en la diversificación de productos y referencias, la producción y distribución de productos con altos estándares de calidad, y la masificación de acceso a la información. Esto ha hecho que sea muy común escuchar a los administradores, gerentes y analistas de logística, que uno de los principales problemas que deben enfrentar es la administración de los inventarios. (Gutiérrez and Vidal, 2008).

Como lo menciona (Vidal Holguín, 2006), uno de los problemas típicos, es la existencia de excesos y faltantes: “Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o se consume y muchos agotados de lo que sí se vende o se consume”. Por tanto, existe en las empresas una necesidad de disponer de herramientas sencillas que ayuden a gestionar su inventario.

Precisamente en Cuba una de las causas que generan un incorrecto manejo de los inventarios, es que se ha detectado que no existen procedimientos que favorezcan la gestión de forma integral en la empresa. Cada área y persona se enfoca en optimizar sus propios objetivos, sin tener en cuenta los de la organización y la cadena de suministros. Este problema apunta a la necesidad de desarrollar estrategias integrales para solucionar las causas que lo generan.(Acevedo Suárez et al., 2012)

Actualmente en el país existen varias regulaciones que abordan este tema. Por ejemplo, el decreto 323 artículo 64 encontrado en (MEP, 2017), hace mención a que la organización

superior de dirección debe elaborar el procedimiento para la organización de los abastecimientos y las compras de insumos o productos que garantizan la producción, los servicios y demás actividades que se desarrollan en la empresa., así como orientar y controlar este aspecto. Por su parte, en la resolución (MINCIN, 2019), se hace referencia todo lo relacionado con los almacenes y específicamente en el artículo 3 se reflejan los elementos técnicos más importantes: como el control de inventario ya sea de los medios de almacenamiento, como los equipos y existencias, entre otros.

La administración de inventarios es parte de las actividades fundamentales de toda empresa, por tanto, de su adecuado manejo dependerán los resultados de actividades posteriores. La importancia de tener una política óptima, ayuda a reducir problemas que se generan, como el desfase que existe entre la demanda de los consumidores y la producción o el suministro de dichos productos y principalmente, las fluctuaciones aleatorias de la demanda y de los tiempos de reposición en la cadena de suministro. De no controlar este tipo de errores, posiblemente los resultados se verán reflejados en las utilidades de la empresa. (Valderrama Vargas, 2017)

Un ejemplo de ello lo constituye la Unidad Empresarial de Base (UEB) Montacargas Centro, perteneciente a la Empresa MONCAR, ubicada en la ciudad de Santa Clara y dedicada al mantenimiento general y reparación de equipos industriales. En la empresa ocurren interrupciones en los procesos por carencia de insumos, lo que conlleva a que se incumplan con los plazos de entrega, y, además, el estancamiento de productos de bajo consumo. Esta realidad ha afectado el nivel de satisfacción de sus clientes y con ello, se han elevado los costos de almacenamiento y costos de oportunidad. He aquí la **situación problemática** de la presente investigación.

Como **problema de investigación** se plantea el siguiente: inexistencia de un sistema de gestión de inventarios que garantice la cantidad de insumos necesarios en el momento requerido.

Para dar cumplimiento al problema de investigación, se propone como **objetivo general**: implementar un sistema de reabastecimiento conjunto para una familia de insumos, en la UE MONCAR de Villa Clara, que logre alcanzar niveles de disponibilidad adecuados, así como de oportunidad, al menor costo posible.

Para desempeñar con éxito el objetivo general se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Realizar un análisis bibliográfico con base en la literatura nacional e internacional actualizada referido a los principales conceptos para el diseño de sistemas de gestión de inventarios.
2. Diagnosticar la situación actual de la gestión de inventario para la familia de insumos seleccionada, en la UE MONCAR de Villa Clara.
3. Diseñar e implementar un sistema de gestión de inventario de reabastecimiento conjunto para la familia de insumos seleccionada.

Es importante señalar que la solución al problema de investigación planteado, solo será abordada para la familia de insumos seleccionada, pues dada la alta diversidad de materiales y materias primas que se emplean en la organización estudiada, resulta imposible abordar su totalidad en un Trabajo de diploma. Es por esa razón, que, de forma paralela a la presente investigación, se realizan otras enfocadas a familias de insumos diferentes a las aquí estudiadas.

La estructuración del trabajo investigativo está conformada de la forma siguiente:

Capítulo 1: Conceptos generales asociados a la logística y gestión de inventario.

Capítulo 2: Análisis y mejora de la Gestión de inventario en MONCAR.

Capítulo 1

CAPÍTULO 1. CONCEPTOS GENERALES ASOCIADOS A LA LOGÍSTICA Y GESTIÓN DE INVENTARIO

1.1 Introducción

El presente capítulo se confecciona con el propósito de establecer una base conceptual que permita cumplir con el primer objetivo de la investigación, citado en la introducción. La elaboración del marco teórico-referencial se apoya en un hilo conductor, reflejado en la figura 1, el cual está estructurado por dos estados: estado del arte y estado de la práctica. Estos permiten la relación de conceptos sobre la logística, cadena de suministro y gestión de inventarios a nivel mundial y en las empresas cubanas reparadoras de montacargas; todo ello a través de una amplia y profunda revisión bibliográfica consultada en la literatura más actualizada.

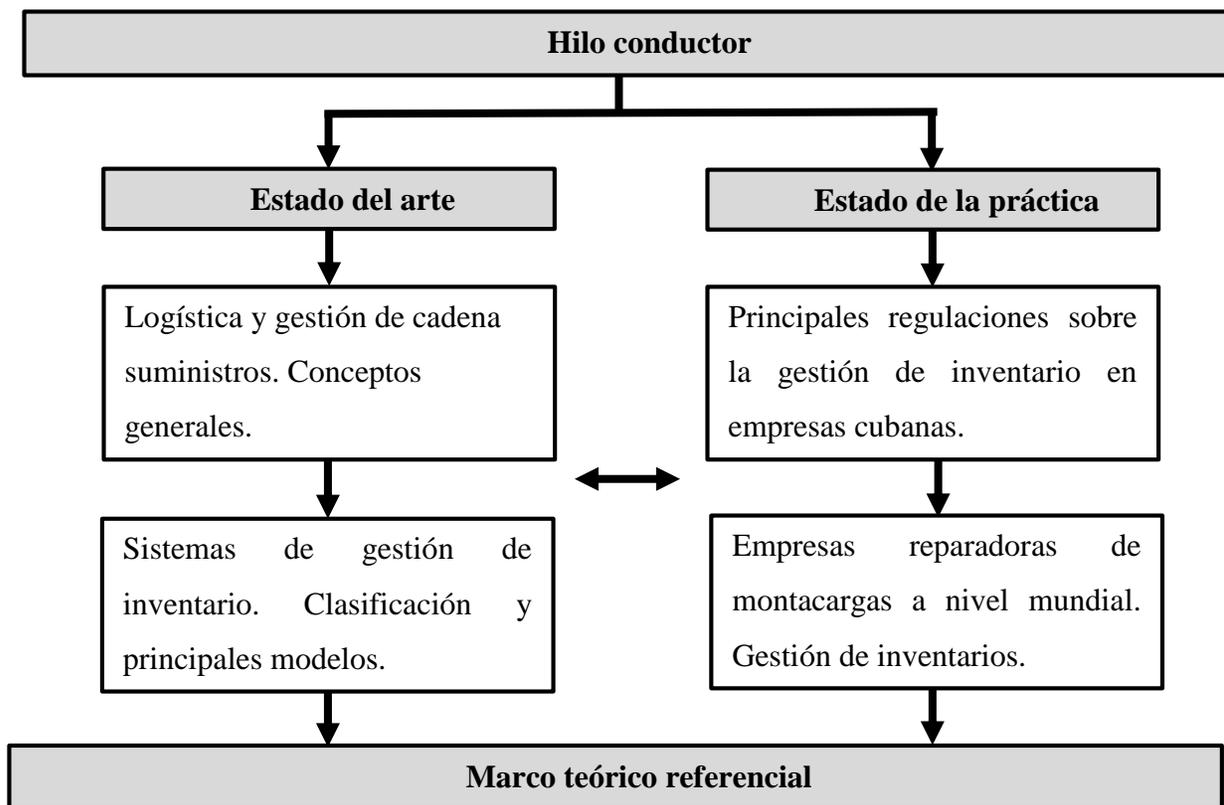


Fig. 1.1. Hilo conductor del marco teórico referencial. (Fuente: Elaboración propia)

1.2 Conceptos generales sobre logística y gestión de la cadena de suministros.

La logística es considerada en la actualidad como uno de los procesos que genera ventajas competitivas a las empresas disminuyendo costos y tiempo, en la medida en que ayuda a la mejora del servicio y calidad de productos.(Cardona Arbeláez et al., 2014)

El término logística, aportado por (Viu Roig, 2015), hace referencia a la función que se ocupa de planificar, implementar y controlar el flujo eficiente y eficaz de servicios, información y bienes entre el punto de origen y el de consumo, asegurando que, tanto la función de transporte como la de almacenamiento contribuyan a cumplir con los requisitos del cliente.

(Nickl, 2005) expresa que a través de la implementación de nuevos centros de distribución, operaciones de *crossdocking*, externalización de las operaciones, renegociación de los fletes de transportes, así como la incorporación de herramientas informáticas de apoyo se han atacado los “sobrecostos logísticos” con experiencias mayoritariamente positivas. Sin embargo, las áreas anexas siguen siendo mandatorias, es decir, la logística se limita a ser una “esclava” de sus requerimientos. Como resultado de la implementación de estas medidas, la nueva estructura de costos logísticos parece acción o cobertura.

Es necesario entonces, conceptualizar en la gestión de la cadena de suministro, que según (Restrepo Velez, 2017), es la preparación y distribución de un elemento o producto para su venta, es el proceso que se encarga de la planificación o coordinación de las tareas a cumplir para poder realizar la búsqueda, obtención y transformación de distintos elementos y de esta forma poder comercializar un producto para que sea de fácil acceso al cliente, al público. Es considerada un subsistema dentro del sistema organizacional de una empresa. Incluye la colaboración y coordinación con los socios del canal o el flujo de transmisión de los insumos o productos, sean proveedores, intermediarios, funcionarios o clientes. Integra la oferta y la demanda dentro y fuera de una empresa.

Una vez analizados ambos conceptos, se puede afirmar que la gestión de la logística es sólo una parte de la gestión de la ser mejor o más flexible, sin embargo, una vez aplicadas, aparecen nuevos desafíos. Es aquí donde surge el concepto de gestión de la cadena de suministro, el cual no es un nombre nuevo para las tareas logísticas tradicionales, sino es una redefinición de su radio de

cadena de suministro. (Viu Roig, 2015) asegura que sus actividades se centran en:

- Gestión de transporte entrante y saliente
- Gestión de flotas
- Gestión de proveedores de servicios logísticos
- Gestión de materiales

- Almacenamiento
- Gestión de inventario
- Cumplimiento de pedidos
- Planificación de la oferta y la demanda
- Diseño de redes logísticas

En distinta medida, el dominio de la gestión logística también se extiende al aprovisionamiento y la adquisición, la planificación y programación de la producción, el empaquetado y el montaje y el servicio al cliente.

1.3 Sistemas de Gestión de inventario

Los sistemas de gestión de inventario rastrean los bienes a través de toda la cadena de suministro o la forma en la que opera un negocio. Esto cubre todo, desde la producción hasta el comercio minorista, almacenamiento y envío, y todos los movimientos de existencias y partes entre bodegas y/o sucursales.(Obed Alvarado, 2018)

Es preciso, entonces, detenerse en el concepto de inventario. En la actualidad los inventarios son considerados como cantidades de recursos que se despliegan a lo largo del complejo sistema intra e inter empresa (cadena logística). Estos sistemas permiten la operación económica y fluida de la cadena, a la vez que absorben el impacto de la variabilidad e incertidumbre asociadas a la operación, garantizando la máxima satisfacción del cliente. Por su parte, el control de inventarios busca adaptar la oferta a los diferentes niveles de la demanda determinada por el consumo del cliente.(Agüero Zardón and Urquiola Garcia, 2016)

(Arrechadora Grillo, 2018) lo califica como la relación confiable de todos los elementos obtenidos por la compañía, que se almacenan a fin de ser empleados en tiempos futuros ya sea en el área de producción, venta o servicios. La finalidad principal de un inventario es contribuir a la obtención de utilidades. Su utilidad está dada porque:

- Permiten que la producción y/o actividad se mantenga constante y que no sufra interrupciones causadas por carencia de insumos.
- Posibilitan la planificación de compras a mayoristas, lo que permite la obtención de mejores precios por volumen de compra.
- Reducen la pérdida por sobrepaso de fecha de caducidad de la existencia en almacén y por el estancamiento de la misma.

- Disminuyen tiempo de búsqueda, ya que todo es rápidamente ubicable.

1.3.1 Clasificación de los inventarios

Dentro del surtido de las empresas suele haber una gran variedad de tipos de artículos. Están los estratégicos o críticos, los importantes y los de respaldo. También están aquellos que, aunque no son parte del negocio, deben mantenerse en el inventario. Cada uno de estos grupos de artículos tiene su propia función al interior de la compañía. Así mismo, cada uno de ellos debería tener un enfoque diferente respecto a su gestión de inventarios.(Van Dijk, 2018)

Método de clasificación de inventario ABC

El método de clasificación de productos ABC asume la propiedad estadística conocida como el principio de Pareto, la cual es una manera de clasificar los productos de manera preliminar acorde con ciertos criterios tales como: impacto importante en el valor total, ya sea de inventario, de venta, o de costos. Además, permite generar categorías de productos que necesitarán niveles y modos de control distintos.(Causado Rodriguez, 2015)

La clasificación establecida por(Bajaña Delgado, 2017)se realiza de la forma siguiente:

- A: Son aquellos artículos que corresponden entre el 10% y 30% del total del inventario, pero cuyo valor alcanza entre el 70% y 85% del valor total del mismo. Las características físicas y de capital de estos artículos los hacen merecedores de un control al 100%.
- B: Se incluyen artículos que corresponden al 30% y 40% del inventario, pero cuyo valor representa entre el 15% y 20% del total. Su control requiere menos esfuerzo.
- C: Aquí se incluyen el 40% y 50% del total de artículos en inventario, y su valor se encuentra en el rango de 5% y 10%. Requieren una supervisión simple.

Gracias a este sencillo sistema, puede elegirse el nivel de atención y el sistema adecuado de gestión que debe darse a cada uno de los artículos del inventario. De este modo se consigue un importante ahorro económico, además de una mejor gestión de tiempo que ya no se tendrá que invertir en productos que apenas aportan valor añadido.(Barberá Beltran, 2017).

Método de clasificación de inventario XYZ

(Chamorro Corea et al., 2018)asegura que la clasificación XYZ se puede derivar del cálculo de la desviación estándar de los datos de ventas, definiéndose los productos X como aquellos con ventas regulares, los productos Z como aquellos con comportamiento irregular y los productos

Y se encuentran en el punto medio. Utilizando la desviación estándar se puede calcular el coeficiente de variabilidad de cada producto. De este modo los productos con bajo coeficiente de variabilidad se pueden clasificar como X, un coeficiente de variabilidad medio (mayor al 30%) como Y, y un alto coeficiente de variabilidad (mayor al 60%) se puede clasificar como un producto Z.

El autor sugiere la siguiente clasificación:

- Clase X: 10% del inventario representa 65% de los costos de inventario. Se requiere monitoreo frecuente, alta exactitud del inventario y sistema de planificación de inventario.
- Clase Y: 20% del inventario representa el 20% de los costos de inventario. Se requiere de Stock de seguridad calculado y sistema de reposicionamiento de inventario.
- Clase Z: 70% del inventario representa el 10% de los costos de inventario, deben realizarse sistemas sencillos de control y órdenes por pedidos específicos.

El análisis XYZ generalmente es utilizado para clasificar los productos según su patrón de demanda. En conjunto con el análisis ABC sirven como herramienta para desarrollar una estrategia de administración de inventarios diferenciada por cada grupo. Esta clasificación también se utiliza para definir modelos de pronóstico a cada grupo.

Método de clasificación de inventario ABC-XYZ

El análisis ABC/XYZ se utiliza como herramienta de control del inventario y para generar estrategias de aprovisionamiento. Es una extensión del método ABC que resulta útil desde el punto de vista logístico para mejorar al almacenamiento. (Miranda Pacheco, 2018)

(Naher, 2014) recomienda:

- AX, BX, CX, AY, BY, CY son adecuados para el procesamiento computarizado completamente automático, mientras que AZ, BZ y CZ deben programarse manualmente.
- AX, BX, AY, BY y AZ son en general adecuados para entregas JIT (Just-In-Time).
- Los productos AZ y BZ tienen una gran participación en los ingresos. Sin embargo, son difíciles de controlar y necesitan atención especial.

De la combinación ABC/XYZ surge la matriz de la figura 1.2.

	X Demanda estable, poca variación	Y Mayor variación de la demanda	Z Demanda irregular, gran variación de la demanda
A Valor de inventario alto	AX	AY	AZ
B Valor de inventario moderado	BX	BY	BZ
C Valor de inventario bajo	CX	CY	CZ

Fig. 1.2. Matriz ABC/XYZ para categorizar los productos. Fuente: (Milan, 2017)

Por ser la clasificación ABC/XYZ, la más completa de las analizadas a criterio de la autora, es la seleccionada para emplear en el presente Trabajo de diploma.

1.3.2 Principales modelos de gestión de inventario

El problema del control de existencias es uno de los más importantes en la dirección organizativa. Como una regla, no hay una solución estándar, las condiciones en cada compañía o firma son únicas e incluyen muchas características y limitaciones diferentes. (Ziukov, 2015)

Existen varios métodos para realizar una gestión de inventario. Toda gestión de inventario parte de unos modelos que sirven de base para su ejecución. Estos sirven para analizar el efecto de diferentes factores del entorno y permiten prever eventualidades que puedan ocurrir en lo

inmediato y a largo plazo. Así lo asegura (Arrechadora Grillo, 2018). A continuación se clasifican los modelos de gestión de inventario en función del tipo de demanda dado por (Causado Rodriguez, 2015)

- Modelos de inventarios con demanda determinística estática: estos modelos se utilizan cuando la demanda es conocida y constante para todos los períodos.
- Modelos de inventarios con demanda determinística dinámica: se utilizan cuando la demanda es conocida y constante, pero varía para cada período.
- Modelos de inventarios con demanda probabilística estática: estos modelos se utilizan cuando demanda es aleatoria y tiene una distribución de probabilidades, pero es igual para todos los períodos.
- Modelos de inventarios con demanda probabilística dinámica: estos modelos se utilizan cuando la demanda es probabilística con una distribución de probabilidades, y es variable en cada período.

En la tabla 1.2 se muestran los modelos de gestión de inventario para cuando la demanda es independiente.

Tabla 1.2. Modelos de inventario para demanda independiente.

Modelo de inventario	Resultados que aporta	Observaciones
Modelo general de inventario determinístico para un solo producto.	Tamaño óptimo del lote de producción, en unidades. Tamaño óptimo del número de unidades en déficit. Tiempo óptimo entre reaprovisionamientos. Frecuencia óptima de los reaprovisionamientos. Valor del inventario máximo, en unidades.	Con frecuencia se impone a este modelo algunas restricciones en cuanto a las posibilidades de existencia o no de déficit de unidades.
Modelo periódico único sin costo de lanzamiento	Valor óptimo de la demanda (Punto de pedido), en unidades. (r^*)	Cuando la demanda sea una variable con distribución normal con parámetros μ y σ^2 es aplicable la expresión: $r^* = \mu + \sigma^2$
Modelo básico EOQ	Tamaño óptimo del lote.	Constituye uno de los modelos más empleados en la práctica.

Sistema R,S	Plazo óptimo para realizar un conteo de las unidades en existencias, en unidades de tiempo.	Resulta útil en presencia de varios productos que se transportan en un mismo medio.
Modelo de descuento por cantidades.	Tamaño del lote mínimo antes del descuento, en unidades. Tamaño del lote mínimo después del descuento, en unidades.	Pueden presentarse diferentes casos.
Retropedidos	Tamaño calculado del retropedido, en unidades.	Su aplicación debe tener un carácter temporal, por la importancia actual del cliente.
Llegada continua de artículos.	Costo total anual del inventario, en pesos. Tamaño óptimo del lote, en unidades.	CI debe interpretarse como el costo de preparación de las máquinas.
Gestión multiproducto e introducción de restricciones.	Costo total anual, en pesos.	Aparecen restricciones que limitan los tamaños de las órdenes de diferentes productos.
Método Min-Max.	Norma de inventario máxima. Norma de inventario mínima.	Resulta útil para determinar, en qué rango fluctúa el inventario.

Fuente: Díaz Lago (1997). Referenciado por (Cespón Castro, 2003)

En el caso de los sistemas de gestión de inventario para demanda dependiente, la demanda está determinada por la de otros artículos, no recibiendo una influencia del mercado, por ejemplo: sistemas MRP. Sin embargo, en la práctica, los sistemas de gestión de inventarios más utilizados son:

1. Modelo Básico de Lote Económico de Pedido (Modelo EOQ): su aplicación práctica tiene limitaciones.
2. Sistema de Revisión Continua o de Cantidad Fija o Sistema Q: este sistema es conveniente utilizarlo cuando se trata de productos o materiales fáciles de contabilizar; de costo elevado que requieren un estricto control, la variedad de surtidos no es muy grande y preferentemente cuando hay cercanía con el proveedor o cliente.
3. Sistema de Revisión Periódica o de Frecuencia Fija o Sistema P: se caracteriza porque en el mismo la frecuencia de suministro se mantiene fija, mientras que la cantidad solicitada en cada pedido, constituye una magnitud variable. Su aplicación se recomienda, en presencia de productos muy difíciles de contabilizar, de costo reducido

que no requieren de un estricto control, cuando en una misma solicitud se incluyen varios productos y además si el proveedor se encuentra en un lugar relativamente alejado.

4. Sistema de Descuento por Cantidades: este sistema se aplica, cuando el precio de los productos o insumos, varía en dependencia de las cantidades que serán adquiridas por los clientes. La compra de cantidades grandes, al tiempo que reduce el precio por unidad, requiere de menos preparaciones para obtener el pedido, lo que también constituye un ahorro, pero en cambio, implica que se mantenga inventarios de productos y materiales, en cantidades superiores a las necesarias y en ocasiones, durante un tiempo relativamente largo. Esto hace, que no siempre resulte más económico adquirir grandes cantidades, fundamentalmente cuando se trata de insumos costosos, con un alto costo de inventario.

Los modelos mencionados hasta ahora, solo se emplean para artículos únicos, pues cada artículo en el inventario se controla independientemente de los otros. Para (Ballou, 2004), ésta no siempre es la mejor práctica dado que pueden comprarse múltiples artículos al mismo proveedor o pueden producirse al mismo tiempo y en la misma ubicación. Pedir múltiples artículos al mismo tiempo y en el mismo pedido puede dar como resultado ganancias económicas, como calificar para descuentos por precio y cantidad o satisfacer las cantidades mínimas del vendedor, de la compañía de transportes o de producción, de manera que la política de inventario debería reflejar pedidos conjuntos.

Este modelo se explicará a partir de lo presentado por (Sipper and Bulfin, 1998). Suponiendo que se compran n artículos a un solo vendedor; el costo de ordenar tiene dos componentes, un costo principal común de ordenar A en el que se incurre siempre que se coloca una orden, y un costo de ordenar menor a_i si se incluye el artículo i en la orden. Se supone que la demanda del artículo i es constante con una tasa de D_i unidades por periodo (año).

La notación adicional es: h_i = costo total anual de mantener el artículo i ésimo en inventario

Se supone que se tiene el siguiente ambiente de decisiones:

- El tiempo de entrega es constante. No se permiten faltantes (esto es, costo de faltantes infinito).
- Existe una tasa de reabastecimiento infinita. Existe un horizonte de tiempo infinito.
- Las órdenes de compra se colocan a intervalos constantes
- Un artículo se reabastece en intervalos iguales.

A continuación, se muestra el algoritmo para determinar la política óptima a ordenar:

1. Se calcula $H_i = h_i D_i / a_i$ para cada artículo.
2. Se suponen valores arbitrarios para k_i , digamos 1, es decir $(1, 1, \dots, 1)$ denotados por k_{i0} .
3. Para el primer artículo en la lista, se determina k_{i1} comparando la razón $W_{i1} / G_{i1} H_i$ con los valores obtenidos del paso 1. La nueva combinación es $(k_{i1}, 1, 1, \dots, 1)$. De manera similar, se obtienen los valores de k_{i1} para $i = 1, 2, \dots, n$. Esto completa el primer conjunto de cálculos que llevan a k_{i1} para $i = 1, 2, \dots, n$.
4. Se aplica el paso 3 a k_{i1} para obtener k_{i2} para $i = 1, 2, \dots, n$. El valor óptimo se obtiene cuando $k_{i(j+1)} = k_{ij} = k_i^*$ para todo i .
5. La política óptima es la siguiente:

- a) Número óptimo de órdenes de compra por año:

$$N^*(k_i^*) = \sqrt{(\sum_{i=1}^n h_i D_i k_i^*) / \left[2 \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{k_i^*} \right) \right]} \quad (1.1)$$

- b) Número óptimo de reabastecimiento para el artículo i :

$$N_i^* = \frac{N^*(k_i^*)}{k_i^*} \quad (1.2)$$

- c) Cantidad óptima a ordenar para el artículo i :

$$Q_i^*(k_i^*) = \frac{D_i k_i^*}{N^*(k_i^*)} \quad (1.3)$$

- d) Costo promedio anual

$$k^*(k_i) = \sqrt{(\sum_{i=1}^n h_i D_i k_i^*) * \left[2 \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{k_i^*} \right) \right]} \quad (1.4)$$

Este último será el empleado en la presente investigación. Existen varias maneras de nombrarlo, por lo que a los efectos del presente trabajo se le llamará Modelo de Órdenes para Múltiples Productos.

1.3.3 Principales indicadores para evaluar el desempeño de la gestión de inventarios

Los indicadores clave de rendimiento (KPI) ayudan a identificar y definir el progreso hacia objetivos comerciales definidos. Estos reflejan los objetivos y la misión del negocio, y proporcionan formas de medir el desempeño de la empresa a lo largo del tiempo. (Trujillo, 2016)

Como cualquier otro, los indicadores de inventario lo ayudan a medir y evaluar su desempeño y, por lo tanto, le brindan algunas claves para mejorarlo. Se enfocan en un área específica y

hacia un objetivo específico. (Lebied, 2018) recalca que las mediciones de inventario pueden ser comunes a diferentes industrias.

A continuación, se mencionan, por varios autores, los KPI más utilizados:

1. Exactitud del inventario: la mejor manera de medir la precisión del inventario es comparar cuántos artículos hay en stock con lo que realmente está registrado en la base de datos. Hacer esto regularmente asegura que las prácticas de contabilidad estén en orden. Al realizar recuentos de ciclos regulares, equiparse con etiquetas electrónicas facilitará el trabajo y proporcionará los datos necesarios para comparar el inventario físico con el registro electrónico del mismo. Si el seguimiento de inventario está desactivado, se experimentarían costos innecesariamente altos, inexactitudes de inventario y una caída en los niveles de satisfacción del cliente.(Lebied, 2018)
2. Rotación de inventario: la rotación de existencias es el número de veces que las existencias se venden o se usan en un período de tiempo determinado. En la mayoría de los casos, cuanto más alta sea la rotación, mejor será para la empresa porque significa que se está vendiendo una gran cantidad de mercancía sin tener un inventario demasiado grande(Nicasio, 2017).Es esencial saber si está almacenando artículos que se han vuelto obsoletos o simplemente no se están vendiendo, pues no solo está cargado con el costo de llevar inventario, sino que tampoco está generando dinero. Además, el inventario de movimiento lento ocupa un espacio valioso en los estantes y reduce significativamente la eficiencia del almacén.(Trujillo, 2016).

(Trujillo, 2016)refiere otros indicadores:

1. Costo de inventario: cualquier almacén que tenga inventario tiene una variedad de costos de mantenimiento o costos de transporte: labor, alquilar, utilidades, almacenamiento, seguridad, robo, equipo, etc. Un gerente de almacén necesita cuantificar todos los costos específicos en sus instalaciones en cantidades concretas en dólares para crear un KPI de inventario preciso para los costos de mantenimiento.(Trujillo, 2016). Según (Cespón Castro, 2003), el costo total de gestión de inventario se determina por la ecuación 1.5.

$$CT = \frac{Q}{2} * H + \frac{D}{Q} * S + C * D \quad (1.5)$$

Donde:

Q: Tamaño económico del pedido, en unidades /orden

S: Costo de preparación del pedido, en unidades monetarias

D: Demanda del producto, en unidades / unidad de tiempo

H: costo de inventario, en unidades monetarias / unidad – unidad de tiempo

C: Costo de producción o de compra, en dependencia del pedido realizado

2. Retorno de Margen Bruto sobre la Inversión: informa la cantidad de dinero que se recupera por cada dólar que se invirtió en el inventario. Este indicador mide el rendimiento de las ganancias sobre los fondos invertidos en las acciones. (Trujillo, 2016)
3. Encogimiento: se refiere a la diferencia entre la cantidad de stock que existe en papel y el stock real disponible. Es una reducción en el inventario que no es causada por ventas legítimas. Las causas comunes de la reducción incluyen el robo de empleados, los errores administrativos y el fraude de proveedores(Trujillo, 2016)

(Lockard, 2017) aporta dos indicadores más:

1. Tiempo del ciclo: tiempo que toma preparar y entregar los bienes comprados por el cliente. Debe medirse el tiempo de ciclo de cada pedido, desde clientes minoristas hasta clientes mayoristas. Cuanto menor sea el tiempo de ciclo, o sea, cuanto más rápido se preparen y entreguen los productos, mejor será la reputación como empresa confiable y rápida, lo que podría brindarle una ventaja competitiva sustancial en el mercado.
2. Nivel de servicio al cliente: pueden calcularse por cliente individual revisando el número de veces que se ha emitido un artículo dividido por el número de veces que se ha solicitado: un nivel de servicio bajo indicará que los clientes invariablemente tienen que esperar por las piezas y ese inventario sostenido podría ser del tipo incorrecto.

A los efectos de la presente investigación y considerando las prácticas del sector empresarial cubano, serán empleados como indicadores del desempeño: la rotación del inventario, el servicio al cliente y el costo total de su sistema de gestión.

1.4 Principales regulaciones sobre la gestión de inventario en las empresas cubanas

El entorno actual cubano se caracteriza por una gran dinámica debido a los procesos de globalización, competencia, desarrollo de clientes, el bloqueo económico impuesto por los EEUU, innovación de los productos y de las tecnologías de la información y las comunicaciones; lo cual requiere que la gestión de los inventarios tenga un papel más activo e

integral. Por ello en este epígrafe se analizarán algunas legislaciones, dictadas por los principales Organismos De Administración Del Estado (OACE)(Acevedo Suárez et al., 2012)

Fue consultada la Gaceta Oficial de la República de Cuba donde fueron encontradas varias resoluciones. A continuación, se muestran las principales:

Reglamento para la logística de almacenes (MINCIN, 2019)

- Capítulo I. Artículo 3. La actividad de Logística de Almacenes está sustentada en los siguientes principios:
 1. Contribuir al incremento de la racionalidad y eficiencia de los procesos de recepción, almacenamiento y entrega, incluyendo los equipos y medios de manipulación y almacenamientos, mediante el perfeccionamiento de los procesos de control (interno y externo) en correspondencia con las Normas del Sistema de Control Interno.
 2. Elevar el nivel en la logística de almacenes en el país, sustentándose en el método establecido para la categorización de los almacenes a partir de los niveles de organización y el cumplimiento de los componentes de las Normas de Control Interno, atendiendo a que la introducción de las tecnologías debe ser lo más racional posible según las características del proceso de almacenamiento que se trate.
 3. Incentivar y promover la capacitación del personal que labora en la logística de almacenes en los diferentes niveles y áreas de las organizaciones
 4. Tener elaborado en las entidades que posean almacenes los procedimientos de los procesos de la logística de almacén.
- Capítulo V. Artículo 58: Los productos declarados de lento movimiento u ociosos en los almacenes tendrán una nueva ubicación, atendiendo a las características de los mismos, su envase y embalaje, el surtido y la masividad, que determinen el método de almacenamiento en estiba o estantería.

Decreto No 335/2017 (MEP, 2017)

- Capítulo VII. Artículo 28. Las principales funciones a realizar por la empresa son:
 32. Aplicar correctamente las técnicas de economía de almacenes, adecuándolas a las características de la empresa, para una mejor gestión del almacenamiento.

33. Planificar, acumular, almacenar, rotar, mantener, conservar y responder por la integridad física, calidad y control de las reservas materiales acumuladas.

Resolución No.360/2018 (MFP, 2018)

- Artículo 32. Los inventarios de lento movimiento u ociosos, se revelan en el Estado de Situación, de manera independiente. En las Notas a los Estados Financieros se detalla el movimiento de estos inventarios y las medidas adoptadas para su disminución.
- Artículo 35. Las políticas contables adoptadas para la medición de los inventarios, incluyendo la fórmula de medición de los costos que se haya utilizado deben exponerse en las Notas a los Estados Financieros.
- Artículo 36. Los métodos de valoración aceptados para el control de inventarios se definen en la Ley del Sistema Tributario.

Según (Acevedo Suárez et al., 2012) los problemas fundamentales relacionados con la gestión de los inventarios en Cuba son la baja rotación y la disponibilidad de los productos, lo cual afecta el nivel de servicio que se presta a los clientes y la salud financiera en la cadena de suministros. Además, en Cuba no hay una política establecida de capacitación y certificación de especialistas encargados de gestionar el inventario, lo cual afecta el nivel de conocimiento del personal asociado a este proceso. A nivel de país, se puede concluir que la legislación vigente favorece el control del inventario, pero no la gestión del mismo.

1.5 Empresas reparadoras de montacargas a nivel mundial

El levantamiento manual pesado siempre ha sido fastidioso e ineficaz, por ello en 1987 surge un ascensor portátil: una construcción de madera con montantes, una plataforma en voladizo y un polipasto. Tal vez estaba adelantada a su tiempo, porque no había éxito comercial para este elevador de madera. Sin embargo, décadas más tarde el mercado estaba listo, y el camión capaz de generar movimiento, tanto horizontal como vertical, hizo su aparición. Su aplicación comenzó en las fábricas de papel y los beneficios de los camiones se hicieron evidentes, por lo que el uso se extendió a otras industrias. Esta fue una era pionera para numerosas empresas que entraron en la fabricación de este tipo de equipo, ideales para los negocios. Muchas mejoras fueron hechas, y poco a poco llegaron a lo que son hoy.(Laxa, 2016)

Paralelamente al aparecimiento de este tipo de equipo, surge la necesidad de su mantenimiento para lograr una vida útil más prolongada, y es así, como actualmente las empresas ya no solo se dedican a su producción sino también a actividades relacionadas con su mantenimiento.

Son muchas las empresas dedicadas a este sector, a continuación, se mencionan algunas.

- General Equipos de Colombia S.A., GECOLSA es una de las empresas colombianas que ha crecido al ritmo de la economía de Colombia, contribuyendo directamente con asistencia técnica y suministro de equipos para sectores productivos como: construcción, minería, industria y petróleo, participando en las grandes obras de ingeniería y generación de energía de su país. Fue el único distribuidor autorizado de Caterpillar en este país hasta 2014. (Bejarano, 2019)
- RELIANZ MiningSolutions, antiguamente perteneciente a GECOLSA, esta compañía surge en Colombia por la necesidad evidente de crear un esquema que permitiera dar el enfoque a una nueva industria: la minería de carbón a cielo abierto. Así se creó la división de Minería con sede en Soledad, liderada por don Antonio Gómez, siendo este el más moderno de Latinoamérica ofreciendo servicio tanto de reparación como manufactura de equipos. (González Fernández and Insignares Barboza 2017)
- M&E, Montacargas Maquinaria & Equipos, es una empresa que ha estado en el mercado más de 25 años, líderes en venta de equipo para manejo de carga y materiales para Guatemala y Centroamérica. Cuenta con personal capacitado y una amplia variedad de productos y servicios, con la experiencia en venta de equipos nuevos y usados para el servicio y trabajo en logística, renta de montacargas y otros equipos, repuestos para todo tipo de montacargas, talleres especializados en reparación de equipos y diseño e instalación de sistemas de almacenaje.(Avila Ochoa, 2017)
- Linde Material Handling brinda asistencia con servicios de mantenimiento y reparación rápida y confiable a más de 300 equipos industriales. La empresa estadounidense abarca plantas de producción y montaje en Alemania, Francia, República Checa, Estados Unidos y China, así como más de 700 centros de distribución y servicio. Posee una extensa red de servicio con alrededor de 8500 técnicos de servicio en todo el mundo, ofreciendo asistencia las 24 horas, los siete días de la semana.(Calderón Burgos, 2019)
- Forza Montacargas fue fundada en el 2009 en Monterrey, México, teniendo como principal actividad la comercialización de soluciones de carga, descarga y manejo de

materiales para la industria. Entre las actividades que realiza están arrendamiento y reparación de equipos y venta de aditamentos.(Garcia Espinosa, 2009)

1.5.1 Gestión de inventario en estas empresas

En las empresas que prestan servicios de mantenimiento, reparación e incluso manufacturación de montacargas, es imprescindible, como en resto de las empresas, una adecuada gestión de los inventarios. De no ser así, se incurriría en costos elevados e innecesarios de almacenamiento, y hasta podrían aparecer costos de oportunidad; además no se tendría un control de sus inventarios y podría afectar el nivel de satisfacción de sus clientes. No obstante, muchas de las organizaciones no cuentan con una apropiada gestión de los mismos.

Un ejemplo claro de la necesidad del control de inventarios lo presenta GECOLSA, en el cual un grupo de especialistas analizó, en el 2005, cada uno de los aspectos que componen el manejo de los inventarios en el Centro de Reparación de Componentes (C.R.C.), con el fin de determinar el punto de reorden de los insumos y la cantidad a pedir de cada uno, minimizando los costos totales. Esto permitió a la organización minimizar costos improductivos mejorando sus procesos, y, por ende, aumentar su competencia. Resultó que la empresa maneja stocks altos lo cual le genera costos de almacenamiento innecesarios. (Díaz Carvajal and Patiño Martínez 2011)

Por el contrario, Linde Material Handling, EEUU, posee una potente tecnología de control tanto de sus inventarios como de otros sistemas y procesos. Actualmente está experimentando con drones de inventario que identifican los distintos productos del almacén, guardan la información sobre ellos y ahorran tiempo y dinero. Estos están equipados con seis rotores, una cámara, un escáner lector de códigos de barras y un telémetro. Linde posee sus procesos de producción controlados digitalmente que incrementan la efectividad, la eficiencia y la flexibilidad de todas las cadenas de producción y suministro. Además, posee un software de gestión de flotas moderno que ayuda a los usuarios a interconectar en red, sus vehículos de manutención y sus procesos digitales. (Calderón Burgos, 2019)

1.6 Conclusiones parciales

La literatura consultada permitió recopilar los principales conceptos necesarios para el desarrollo del presente trabajo de diploma, con la actualidad necesaria y considerando el

desarrollo existente a nivel mundial y en particular en Cuba. En particular de todo lo abordado se concluye lo siguiente:

1. La logística es una estrategia necesaria para manejar de forma integral la cadena de suministros, Como herramienta eficaz puede generar ventajas competitivas tales como el logro del balance óptimo entre las necesidades del cliente y los recursos disponibles de la empresa. Su desempeño debe ser medido a través del servicio al cliente final.
2. Dentro de las diversas funciones claves de la logística se destaca en particular la gestión de inventarios, la cual consiste en proporcionar los inventarios que se requieren para mantener la operación al costo más bajo posible. Los inventarios son la parte medular de los negocios de comercialización y fabricación de productos, pues contar con los productos esenciales en tiempo y forma es indispensable para lograr el nivel de satisfacción del cliente deseado y alcanzar el éxito de negocios.
3. Dentro de las formas de clasificación existentes de los inventarios, se prefirió seleccionar por su grado de completamiento la clasificación ABC/XYZ. La misma incluye las ventajas de la tradicional ABC y la menos tradicional XYZ. Además, facilita la selección del tipo de sistema de gestión de inventario a aplicar.
4. Se precisó en varios de los sistemas de gestión de inventario, más utilizados en la actualidad. Se logró definir los diferentes pasos de trabajo que incluye el Modelo de Órdenes para Múltiples artículos, que será el aplicado en la presente tesis.
5. Del análisis de la evaluación del desempeño de los sistemas de gestión de inventario, se seleccionaron los indicadores: servicio al cliente, rotación del inventario y costo total del sistema de gestión. Estos indicadores están bien avalados por varias de las reglamentaciones que respecto a los inventarios existen en Cuba y en especial la resolución No. (MINCIN, 2019).
6. Respecto al estado la práctica, vinculado con el objeto de estudio práctico, también se pudo constatar la importancia que a nivel mundial posee el mantenimiento y reparación de montacargas y la existencia de varias compañías que poseen esa actividad como encargo social. En las mismas, una gran importancia se le presta a la gestión de inventario de partes y piezas, lo que se corresponde con el propósito del presente Trabajo de diploma.

7. A modo de resumen se puede afirmar que luego de culminado este primer capítulo, se dispone del estado del arte y de la práctica adecuado para dar solución al problema de investigación definido y los objetivos propuestos en el presente trabajo.

Capítulo 2

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIO EN LA UEB MONCAR CENTRO

En el presente capítulo se realiza la caracterización y análisis de la UEB MONCAR Centro para detectar los principales problemas que afectan la gestión de sus inventarios. A partir de ello, podrán tomarse decisiones al respecto y diseñarse un sistema de gestión de inventario que responda a las deficiencias encontradas, obteniéndose mejores resultados a menor costo. De este modo se da cumplimiento a los objetivos 2 y 3 de la actual investigación.

2.1 Caracterización general de la UEB MONCAR Centro

La Empresa de Servicios y Comercialización de Equipos Automotores y de Manipulación de Cargas (MONCAR), perteneciente al grupo empresarial GESIME fue creada en febrero de 1995. Cuenta con tres UEB distribuidas en todo el país (occidente, centro y oriente). La UEB objeto de estudio en esta investigación es MONCAR Centro, que abarca las provincias: Matanzas, Cienfuegos, Villa Clara, Santis Spíritus, Ciego de Ávila y Camagüey. Posee aprobado el Expediente de Perfeccionamiento Empresarial desde 2002, y acorde a la Resolución No. 74/2014 del MEP, desarrolla las siguientes actividades:

1. Ensamblar, alquilar, producir y comercializar medios de manipulación de cargas, equipos de garaje, así como partes, piezas y agregados, componentes y accesorios.
2. Brindar servicios de Asistencia Técnica en la vía.
3. Prestar servicios de mantenimiento, inspección, diagnóstico, reparación, reacondicionamiento, remotorización, alquiler de los equipos, chapistería, pintura, montaje y puesta en marcha de los equipos de manipulación de cargas y ligeros, partes y piezas.

Desde sus inicios se constituyó con personal altamente calificado proveniente de otras entidades y en su proceso de desarrollo ha ido adquiriendo y preparando el personal de nuevo ingreso, necesario para asegurar un notable incremento en sus niveles de actividades.

Los servicios que hoy comercializa MONCAR se brindan a los distintos sectores de la economía nacional, y están dirigidos fundamentalmente a la atención del Programa de Ambulancias y al de Equipos de Manipulación de Cargas, siendo éste último el que lo distingue del resto de la competencia, por su posición de líder en este segmento del mercado.

Su misión y visión se definen de la siguiente forma:

Misión:

La empresa MONCAR tiene la misión de organizar, regular, dirigir, ensamblar, alquilar y controlar la producción y desarrollo de medios de manipulación de cargas, así como sus partes, piezas y agregados. A partir de la aplicación de las políticas y lineamientos aprobados, con el fin de lograr producciones competitivas en el mercado nacional y foráneo, y apoyar el desarrollo socio-económico del país.

Visión:

Ser líderes productores de equipos de manipulación de cargas, gestionar al 100% los servicios de asistencia técnica en la vía, así como las reparaciones, remotorizaciones, chapistería, pintura, montaje y puesta en marcha de los equipos. Reanudar el proceso inversionista para satisfacer al creciente mercado no cubierto aún. Utilizando tecnologías de punta, con competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

Objetivos estratégicos

1. Cumplimiento de plan de ventas anualmente.
2. Garantizar el cumplimiento de los programas priorizados anualmente (montacargas y ambulancias).
3. Introducir herramientas de control estratégico de gestión con proyección al cliente.
4. Garantizar la gestión eficiente de los procesos logísticos.
5. Implementar el Sistema Integrado de Gestión.
6. Perfeccionar el sistema actual de costos por órdenes.
7. Priorizar el diseño y desarrollo del montacargas cubano en cooperación con la empresa IDA.

Política de Calidad: La Empresa MONCAR, en función de desarrollar la calidad y excelencia en los servicios de reparación y comercialización de vehículos ligeros y de manipulación de cargas, servicios de asistencia técnica dirigidos a satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes, establece como política: Disponer de un Sistema de Gestión Integrado que cumpla con los requisitos establecidos en las normas cubanas NC ISO 9001:2008 Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos, la NC ISO 14001:2004 Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos y NC 18001:2005 Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Requisitos, todas estas normas estarán alineadas con el Sistema de Dirección y Gestión Empresarial, según el Decreto Ley No. 252 de 2007 y con el Sistema de Control Interno, según la Resolución 60/2011.

Garantizar un ambiente de estética, confort, credibilidad y confianza, encaminada a la satisfacción del cliente, la protección del medio ambiente, el control de los recursos y operaciones, la salud y seguridad de sus trabajadores, así como la capacitación integral del personal coadyuvando al mejoramiento continuo del Sistema de Gestión Integrado.

La estructura organizativa de la UEB MONCAR Centro desde su fundación ha sido modificada en varias ocasiones. Actualmente está organizada por un taller y un edificio administrativo (anexo 1). La empresa cuenta actualmente con una plantilla aprobada de 61 trabajadores, ilustrada en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Plantilla de la entidad UEB MONCAR Centro.

Categoría ocupacional	Cantidad
Obreros	38
Técnicos	20
Administrativos	0
Servicio	2
Dirigentes	1
Total	61

Relación funcional de los diferentes departamentos de la entidad

Recursos Humanos

El departamento de Recursos Humanos es quien se encarga de todo el personal de la empresa. Es quien contrata el personal y vela por su seguridad laboral, comportamiento y cumplimiento de los indicadores de desempeño. El proceso de selección y reclutamiento del personal se realiza a partir de las convocatorias con las ofertas de trabajo y con las competencias que se requieren para optar por las mismas. La forma de pago de esta empresa es por resultados para los directos y escala para los indirectos, además se recibe una estimulación en moneda CUC y en moneda nacional CUP por el cumplimiento de los indicadores de desempeño y calidad.

Economía

Este departamento es fundamentalmente relacionado con los indicadores económicos, como son: indicador directivo gasto de salario por valor agregado, razones financieras, e inversiones. También incluye análisis de solvencia a fin de realizar planes en función del aumento de la eficiencia y la eficacia de la empresa, desarrollando siempre una gestión contable financiera que posibilita la sostenida certificación de la contabilidad y el perfeccionamiento continuo de los

sistemas de control tácticos y estratégicos, suministrando a la alta dirección la información oportuna y veraz para la toma de decisiones.

Departamento Técnico

Este departamento es el responsable de velar por el estado técnico de los equipos propios de la empresa. También se encarga de planificar y llevar a cabo los planes del sistema de mantenimiento que tengan diseñado.

Comercial

Este departamento es quien se encarga de realizar la factura de todos los servicios que se presten en la organización. Además de comercializar los productos y piezas, es quien se encarga de gestionar las compras y los contratos de prestación de servicios de mantenimiento y reparación de vehículos.

Brigada de asistencia técnica

Esta brigada es la encargada de atender los pedidos más urgentes y de menor complejidad. Siempre que no sea necesario trasladar el equipo a las instalaciones de la empresa MONCAR, como en el caso de las reparaciones capitales, esta brigada a través de su camioneta acude a la entidad donde se encuentra el equipo a reparar.

Los fundamentales surtidos que se producen son:

- Motores para autos y equipos de manipulación de cargas.
- Parte, piezas y accesorios.
- Neumáticos para autos y equipos de manipulación de cargas.
- Baterías de arranque y tracción para montacargas.
- Pinturas y materiales de preparación para autos y montacargas.

Para el cumplimiento de sus planes MONCAR se abastece fundamentalmente de los siguientes proveedores:

1. UEB MONCAR Occidente
2. Corporación Copextel SA
3. Empresa Central de Abastecimiento y Ventas de Equipos de Transporte Pesado y sus Piezas (Transimport).
4. Empresa Comercializadora y de Servicios de Productos Universales
5. Empresa Planta Mecánica
6. Empresa de Servicios Automotores Sociedad Anónima (SASA)

7. Corporación CIMEX Sociedad Anónima

La empresa comercializa su producción fundamentalmente a los clientes pertenecientes a las siguientes organizaciones:

1. Organismos de la Administración Central del Estado (OACE).
2. Ministerio del Comercio Interior (MINCIN)
3. Ministerio de Industrias (MINDUS)
4. Ministerio de Industria Ligera (MINIL)
5. Ministerio de Industria Básica (MINBAS)
6. Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)
7. Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL).
8. Asociaciones Económicas Internacionales. (Havana Club SA, Nestlé, Coracán, Bravo S.A.)

2.2 Caracterización de la Gestión de inventario en la UEB MONCAR Centro

La elaboración del plan anual en la Empresa tiene un carácter dinámico, siendo flexible a cualquier cambio en las condiciones que se concibieron para su elaboración. El proceso de planificación anual se inicia en el mes marzo de donde se analizan las indicaciones específicas emitidas por el organismo, se precisan las directivas que se deben alcanzar en el próximo año y el cronograma de trabajo para la elaboración del plan.

Los directores de las UEB elaboran su propuesta de plan y la discuten con sus trabajadores, en función de lograr una mayor eficiencia, analizando el nivel de actividad a lograr en el año, los recursos que se van a utilizar y los gastos en que se va a incurrir con la activa participación de sus trabajadores.

Una vez confeccionada la propuesta de plan por las UEB, los directores de las Unidades, la defienden en el Consejo de Dirección de la empresa para ser aprobado por el Director General. Posteriormente en la Dirección Económica y Financiera que es la encargada del proceso de planificación, se consolidan las propuestas de plan y se confecciona el plan anual de la empresa elaborándose los modelos establecidos. El Director General presenta y defiende el plan anual en la Junta de Gobierno, en el grupo, y el Ministerio para su aprobación. Al recibir el plan aprobado, la empresa realiza la desagregación del mismo por cada una de las UEB ya sea por meses o trimestres.

Los planes anuales de compra son elaborados a partir del plan de reparaciones capitales y medianas resultante de la empresa MONCAR Habana u Occidente. Para establecer los recursos a comprar, teniendo en cuenta la cantidad de reparaciones capitales planificadas, se toman todas las piezas necesarias para la reparación completa a un montacargas, exceptuando el chasis. Luego se consulta la disponibilidad de las piezas en el almacén y en dependencia de lo que no se tenga disponible surge el plan de compras. Para el caso de las reparaciones medianas no se realiza de igual forma, pues se confecciona en dependencia de las roturas que pueda presentar un montacargas y es estimado principalmente por experiencia de los trabajadores.

Se realiza, mensualmente, inventario del 10% de los productos que existen en el almacén, y 1 vez al año a su totalidad. De este modo se conoce la reserva que existe en el almacén para las diferentes reparaciones.

A pesar de que en el área de venta se realizan estudios de mercado, donde se reflejan altos grados de integración de la empresa con sus clientes; no se tiene conocimiento de sus necesidades, en ocasiones en la entidad no se cuenta con los suministros suficientes para satisfacerlas. Esto puede deberse a que, existe inestabilidad del surtido en el punto de consumo y una deficiente gestión de la demanda, lo que trae como consecuencia desabastecimiento de productos líderes; y, por otro lado, como pasa en muchas empresas cubanas, no se paga en tiempo la materia prima y, por tanto, se retrasa su abastecimiento.

Actualmente la empresa, no tiene implementado un sistema de gestión de inventarios El control de los inventarios se realiza por medio del módulo de gestión de inventario que trae incorporado el software Assets, en el cual puede encontrarse un mismo producto con diferentes códigos. Toda esta situación dificulta la gestión de inventario y demanda, pues no es posible consolidar los consumos y determinar la disponibilidad de un producto. A continuación, se hace un resumen de las principales deficiencias encontradas:

Servicio al Cliente

1. Incumplimiento en cuanto a volumen, surtido y tiempo de entrega.
2. Inestabilidad en la disponibilidad de piezas.

Gestión de Inventarios

1. Inexistencia de parámetros de control de inventarios.
2. Baja disponibilidad de productos.
3. Inadecuada codificación.

4. Deficiente evaluación de los proveedores.
5. Inestabilidad del surtido en el punto de consumo.
6. Deficiente gestión de la demanda.
7. Desabastecimiento de productos líderes.
8. No existe control de los costos de almacén.

El diseño y aplicación de un adecuado sistema de gestión de inventario (para este caso de abastecimiento múltiple), pudiera eliminar varias de estas insuficiencias, lográndose un control de costos relacionados con el almacén (aspecto 8 de las insuficiencias encontradas). Con la inspección de los inventarios mediante parámetros se controlaría las entradas, salidas y localización de la mercancía, posibilitando la detección fácilmente de artículos de lento movimiento o de alto consumo. Además, se identificaría con mayor facilidad la estacionalidad de productos, permitiendo planear o gestionar mejor su demanda, dando respuesta al punto 6 de las insuficiencias. Esto a su vez elevaría el nivel de calidad del servicio al cliente, reduciendo la pérdida de venta por falta de piezas o baja disponibilidad de las mismas (aspecto 2 de las insuficiencias) y proporcionando mayor estabilidad de los surtidos que contribuiría a mejorar el punto 5.

2.3 Propuesta de diseño de un modelo de gestión de inventario en la UEB MONCAR Centro

Dado que la empresa no cuenta con un buen sistema de gestión de inventario que garantice sus productos en tiempo, es necesario diseñar un sistema que proporcione estos elementos, al menor costo posible. Partiendo de ello, se propone hacer la clasificación de las piezas de inventario relacionadas con reparaciones de montacargas, mediante las ventas anuales y coeficiente de distribución de la demanda.

2.3.1 Clasificación de los inventarios

Para esta tarea, se seleccionan únicamente las 180 piezas utilizadas para reparar los montacargas provenientes del proveedor MONCAR Occidente o Habana (por ser este el más importante), y luego se seleccionan para la clasificación aquellas que generen una venta anual mayor a los \$10 000. Finalmente, se obtienen para la clasificación 23 piezas que pueden consultarse en el anexo 2.

La clasificación de los inventarios se realizó mediante el método ABC/XYZ. En el caso del método ABC se tuvo en cuenta la venta anual de cada pieza y para el segundo criterio se

consideró la variación de la demanda en el año 2018. Esta demanda se obtiene aproximadamente por el registro de piezas utilizadas por cada reparación capital y mediana de cada mes. Estos criterios se seleccionaron con el fin de jerarquizar teniendo en cuenta el nivel de rotación asociado a las ventas y la variabilidad de la demanda en el tiempo. Dicha clasificación fue la base para la determinación de los productos estratégicos, así como los modelos de gestión de inventarios evaluados y los parámetros asociados.

Para explicar mejor como se realizó cada una de las clasificaciones se procede con dos ejemplos para la primera pieza (Motor Diésel ISUZU): el ejemplo 1 para la clasificación ABC y el ejemplo 2 para el criterio XYZ. A continuación, se muestran los mismos.

Ejemplo 1: Criterio ABC

Se tomó la cantidad de motores vendidos (84 u) en el año 2018 y se multiplica por el precio de venta (\$ 8 618.75). De aquí se obtiene las ventas (en dinero) de esta pieza (\$ 723 974,83) en el año analizado, y de igual forma se procede con las demás. Luego se ordenan de mayor a menor, se haya la frecuencia relativa y acumulada a las ventas anuales (en pesos). Una vez se haya acumulado la frecuencia se clasifican las piezas por el siguiente criterio: A, piezas cuyo valor de inventario acumulado sumen 80 %; B, aquellas que se encuentren entre el 80 y 95 %; y C, para los mayores del 95%. En el anexo 2 queda representada la clasificación ABC y en la tabla 2.2, se muestra la cantidad de piezas por parámetro (A, B o C), obtenida a partir del anexo 2.

Tabla 2.2. Clasificación ABC.

Clasificación	Cantidad
A	7
B	9
C	7
Total	23

El gráfico 2.1 muestra un diagrama de barras y líneas, donde se observa cada pieza con su venta en pesos para el año 2018. Como se observa en el mismo, el motor diésel es la pieza que genera mayor valor de ventas, seguido del mástil de elevación.

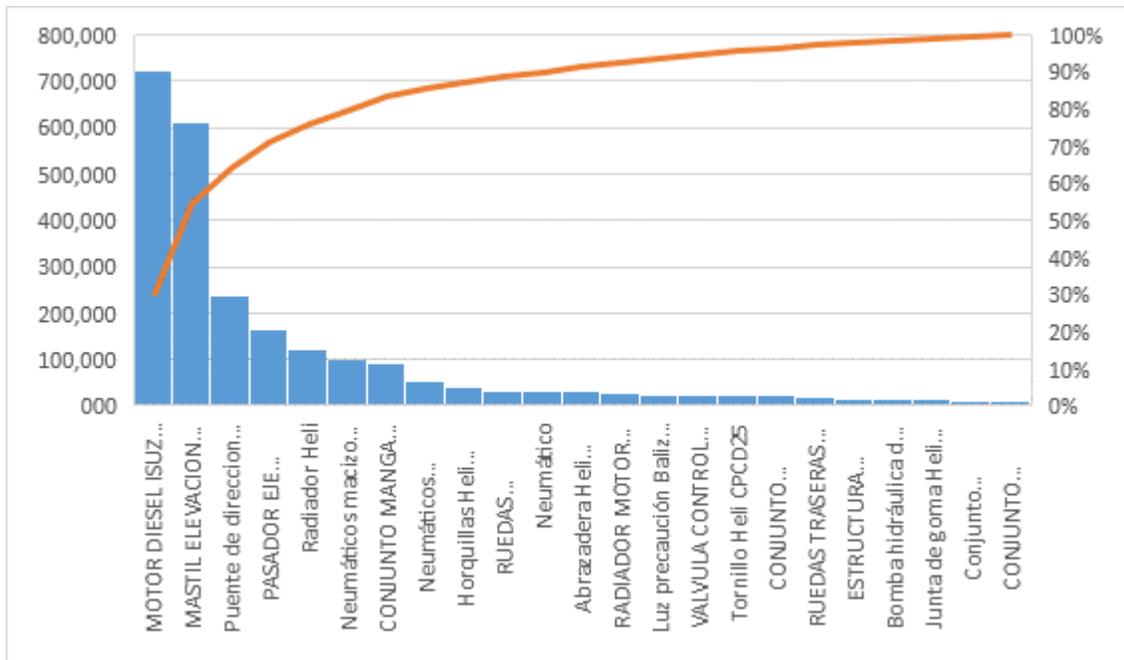


Gráfico 2.1. Venta por pieza (en pesos) para el año 2018. Fuente: Elaboración propia

Ejemplo 2: Clasificación XYZ

En este caso, la clasificación es un poco más compleja, pues requiere de mayor cálculo. La ecuación 2.1 demuestra como hallar la desviación de la demanda y con ello obtener la variación de la demanda por la ecuación 2.2. Siguiendo el ejemplo del motor, se buscó la demanda mensual, posibilitada por el registro de motores empleados por cada reparación mediana y general para cada mes. Una vez obtenidos estos datos se halla el valor medio de motores empleados por mes ($7u/mes$). Estos datos pueden consultarse en el anexo 3. Seguidamente se calcula la desviación de la demanda de los motores (3.45). Por último, se aplica la fórmula 2.2, obteniéndose un coeficiente de variación de 49,35, por lo que se clasifica como Y. De igual forma, se procede con las demás piezas. Esta clasificación se realiza de la siguiente forma, aquellas piezas con coeficiente de variación por debajo del 30% se clasifican como X; las que estén entre 30 y 70 % se catalogan de Y; finalmente Z, para los que excedan el 70%.

$$1. \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^n - \left(\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}\right)^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

$$2. Var. = \frac{\sigma}{x_{media}} \quad (2.2)$$

Donde

σ : desviación de la demanda de la pieza en el período analizado.

X_i : Demanda mensual de la pieza.

X_{media} : Demanda promedio de la pieza en el período analizado.

En el anexo 4, puede consultarse la clasificación XYZ por pieza junto a al coeficiente de variación de demanda de cada pieza. En la tabla 2.3 se resume la cantidad de piezas por parámetro (X, Y o Z).

Tabla 2.3. Clasificación XYZ.

Clasificación	Cantidad
X	4
Y	17
Z	2
Total	23

Por último, se realizó la clasificación ABC/XYZ, que puede consultarse en el anexo 5. Esta categorización permitió, junto a la ratificación del jefe del grupo comercial, determinar los productos estratégicos a estudiar detalladamente. Se seleccionaron 3 piezas pertenecientes a las clases AX y AY, que representan el 59 % de las ventas anuales de piezas. En la tabla 2.4 se resumen la cantidad de productos por clasificación.

Tabla 2.4. Clasificación ABC/XYZ.

Clasificación	X	Y	Z	
A	1	6	0	7
B	2	5	2	9
C	1	6	0	7
Total	4	17	2	23

El estudio se centró entonces en el análisis detallado de las siguientes 3 piezas, pertenecientes a los cuadrantes AX y AY:

- Motor diésel ISUZU
- Mástil de elevación triple full free 4700 mm
- Neumáticos macizos 28x9-15

2.3.2 Estimación de costos relacionados a la gestión de inventario

Para poder diseñar y evaluar los modelos definidos para los productos, fue necesario determinar los costos asociados a la gestión de inventario, a partir de una recolección de información

relacionada al almacenamiento de los insumos y la emisión de los pedidos. Esto fue posible mediante la consulta con especialistas y personal autorizado de diferentes departamentos de la empresa, esencialmente de los departamentos de compras, contabilidad y recursos humanos. A continuación, se muestra como fueron estimados.

Costo de mantener unidades en el inventario

Según (Sipper and Bulfin, 1998) el costo de almacenar comienza con la inversión en inventario. Los costos de inventario se suman al costo de oportunidad y estos generan el costo total de mantener el inventario. Por último, se halla el por ciento que representa el costo total de almacenar con respecto al dinero que se invirtió en inventario.

Para la estimación del costo de inventario, se revisaron los costos relacionados con los costos de infraestructura, manipulación, energía y custodio del inventario. No se hizo diferenciación en la estimación del costo por producto debido a que todos los productos se almacenan en la misma unidad de carga y no se presentan requerimientos especiales individuales. En la tabla 2.5 se encuentran resumidos los costos de inventario estimados para el año 2018. Una breve descripción de cada una de sus componentes se ofrece a continuación:

- El costo de salario del personal de almacén, se calculó sumando el salario mensual de sus tres trabajadores (Jefe del almacén, obrero ayudante y operador de montacargas) para el período analizado. Estos datos fueron facilitados por el departamento de recursos humanos.
- El departamento de contabilidad proporcionó los datos relacionados con los restantes costos. El costo de depreciación se obtuvo para los activos fijos tangibles del almacén y es desglosado por mes.
- Para estimar el costo de mantenimiento de montacargas y transpaletas, se tuvo en cuenta las reparaciones que se le realizaron en el año 2018 y los materiales empleados para las mismas. Se hicieron cambios de aceite y de neumáticos; y en el caso de las transpaletas, se rellenó el cilindro de elevación. Estas actividades se realizaron dos veces en el año.
- EL costo de electricidad se calculó multiplicando el consumo de electricidad anual de almacén por la tarifa que paga la empresa, o sea \$ 0.1635/ kW. El consumo de electricidad se estimó por la cantidad de lámparas que existen en el almacén. Existen, actualmente, 5 lámparas de 0,018 kW y 11 de 0,033 kW. Teniendo en cuenta que el almacén se mantiene encendido 9 h/d (7:00 am - 4:00 pm) multiplicado por la cantidad

de días trabajados en el 2018 (253 d) se obtiene un consumo anual de 1031,48 kW- h.

- EL costo de combustible se determinó partiendo del consumo que realiza el motor del montacargas Mitsubishi de tres cilindros, en litros por hora (6,5 l/h), luego teniendo en cuenta la cantidad de horas que trabaja al día (0,75 h/d) y la cantidad de días al año (253 d/a), se obtiene un consumo anual de 1234 litros. El litro de combustible es pagado a 0,80 pesos.
- En la literatura se sugiere que la estimación del costo de oportunidad se realice como lo que se deja de cobrar por tener un insumo en inventario, en lugar de haber depositado su equivalente en dinero en una cuenta bancaria para ganar los intereses. En Cuba el principal problema es que el insumo necesario o no llegue o no se pueda comprar. Es por esa razón que no será empleado en el presente trabajo. Una opción sería determinarlo como un costo de oportunidad de lo que se deja de cobrar por no brindar un servicio de reparación de un montacargas, dado que el insumo necesario no llegó o no se compró. Ello se traduce en un incumplimiento en pesos del plan de reparaciones medianas y capitales, que fue estimado a partir de los resultados del 2018 (anexos 7 y 8). Se obtuvo \$ 2 877 250 como costo de oportunidad, a partir de la diferencia entre el plan y lo que se hizo realmente en el año analizado. No obstante, la consideración de este valor tergiversaría mucho los resultados y sería aceptar que la inestabilidad en los suministros continúe como ha estado hasta ahora en lugar de emprender acciones para cambiarla.
- El costo total anual de inventario es la suma de todos los costos relacionados con salario del personal del almacén, depreciación, mantenimiento de montacargas y transpaletas, electricidad y combustible empleado por el montacargas. Se obtiene un costo total de anual de inventario de \$ 48 996,13. La tasa de inventario se obtiene dividiendo este costo total entre el inventario promedio en pesos que hubo en el año 2018 que fue de \$ 1 063 385,61, y luego multiplicada por 100 para llevarla a términos porcentuales; por lo que se obtiene una tasa de mantener una unidad como por ciento del inventario promedio de 4,61%.

Tabla 2.5. Costos de mantener unidades en inventario para el año 2018.

Rubro	Valor anual (\$)
Costo de salario del personal del almacén	37 802,25
Costo de depreciación	5 693,63

Costo de mantenimiento del montacargas y transpaletas	4 344,40
Costo de electricidad en almacén	168,65
Costo de combustible	987,20
Inventario inicio del 2018	1 246 980,59
Inventario final del año 2018	879 790,63
Inventario promedio	1 063 385,61
Costo total anual de inventario	48 996,13
Costo de mantener una unidad como % del inventario promedio	4,61 %/año

Costo de ordenar

Para la obtención de este costo se identificaron y calcularon los costos relacionados con las actividades respectivas a la gestión de los pedidos de adquisición de artículos; para finalmente poderle atribuir un valor monetario a cada actividad relacionada y obtener el costo de ordenar. En la tabla 2.6 se encuentran estos costos y una precisión de su estimación se muestra a continuación.

- Los gastos en salario fueron obtenidos por el departamento de recursos humanos. Se sumó el salario mensual de los 5 trabajadores del grupo comercial (cuatro técnicos y el jefe del grupo comercial) para el año 2018.
- En el caso de los materiales de oficina y papelería, los costos fueron obtenidos por el departamento de contabilidad ya desagregados para el departamento comercial.
- La transportación de las piezas, desde el proveedor hasta la empresa, es contratada a la Empresa Operadora de Contenedores. La empresa debe pagar por el contrato del servicio, alquiler de vehículo y kilómetros recorridos. En el caso de la distancia recorrida, la tasa pagada es de 1,022 pesos por kilómetro.
- El número de órdenes se obtuvo por la cantidad de contratos emitidos con dicha empresa. Para el año 2018, solo se hicieron 5 órdenes.

Tabla 2.6. Resumen de costos de ordenar

Rubro	Valor anual
Costo de salario del personal de compras (\$/a)	67 912,46
Costo de materiales de oficina y papelería del departamento de compras (\$/a)	641,35

Costo de transportación (\$/a)	8 909,86
Costo total anual de ordenar (\$/a)	77 463,67
Número de órdenes	5
Costo por orden (\$/orden)	15 492,74

Costo de compra

En el anexo 6 se reflejan los costos de compra para las piezas de montacargas. Estos datos fueron aportados por el personal del grupo comercial.

2.3.2.1 Estimación de los costos asociados a la gestión de inventario de las piezas seleccionadas

Para hallar los costos por pieza, se tuvo presente qué parte representa cada pieza del total de dinero destinado a la compra en el 2018. Esta información fue contribuida por el departamento comercial.

Siguiendo con el análisis, en el año 2018, se recibieron 84 motores diésel ISUZU, 85 mástiles de elevación y 331 neumáticos macizos 28x9-15, generando un costo de compra de \$ 723 974,83, \$ 612 109,14 y \$ 120 831,48 respectivamente. Esto se traduce que del total de dinero destinado a la compra en el año 2018 que fue de \$ 2 629 645,73, el 27,53 % fue de motores, el 23,27 % fue de mástiles y el 3,83 % fue de neumáticos macizos. En total para los tres insumos considerados en el modelo de gestión de inventario se utilizaría una tasa de compra del 54,65 %/año. En la tabla 2.7 se muestran los resultados.

Tabla 2.7. Tasa de compra para las piezas seleccionadas

Piezas	Costo unitario (\$)	Volumen anual (u)	Costo total de compra (\$)	Tasa de compra (%/año)
Motor diésel Isuzu	8 618,75	84	723 974,83	27,53
Mástil de elevación	7 201,28	85	612 109,14	23,27
Neumáticos macizos 28x9-15	304,85	331	100 905,35	3,83
Tasa de compra total para los tres artículos				54,65
Efectivo destinado a la compra en el 2018 (\$/a)				2 629 645,73

Costo de almacenamiento por pieza

Para determinar el costo por pieza, se multiplicó la tasa de mantener una unidad como porcentaje de inventario (4,61 %, extraído de la tabla 2.5), por la tasa de compra (extraído de la tabla 2.7 para cada pieza), por el costo de compra unitario de cada pieza (extraído del anexo 6). Por tanto, el costo de almacenamiento del motor ISUZU fue de \$109,33/unidad-año, resultado de multiplicar 0,0461 por 0,2753 por \$ 8 618,75/unidad; el costo de almacenamiento del mástil de elevación fue de \$ 77,23/unidad-año, resultado de multiplicar 0,0461 por 0,2327 por \$ 7 201,28/unidad; y el costo de los neumáticos macizos 28x9-15 fue de \$ 0,54/unidad-año, resultado de multiplicar 0,0461 por 0,0383 por \$ 304,85/unidad. En la tabla 2.8 se resumen estos costos.

Tabla 2.8. Resumen de costos por cada unidad en inventario para el año 2018

Rubro	Valor anual (%/a)
Costo de mantener una unidad como % del inventario promedio	4.61
Tasa de compra de motor diésel ISUZU	27,53
Tasa de compra de mástil de elevación	23,27
Tasa de compra de neumáticos macizos 28x9-15	3,83
	Valor (\$/u)
Costo de compra unitario de motor diésel ISUZU	8 618,75
Costo de compra unitario de mástil de elevación	7 201,28
Costo de compra unitario de neumáticos macizos 28x9-15	304,85
Costo de almacenar un motor ISUZU	109,33
Costo de almacenar un mástil de elevación	77,23
Costo de almacenar un neumático macizo 28x9-15	0,54

Costo de ajuste de pedido por pieza

La aplicación del sistema seleccionado, requiere que se considere no solo el costo de la orden completa (valor de A en el modelo), sino además un costo de ordenar específico por insumo (valor de a_i en el modelo). Ambos costos son valores diferentes. Para la obtención de este último se partió de que es necesario conocer si cuando se emite el pedido, los insumos analizados llevan algún tratamiento especial, ya sea al transportarlos o al descargarlos en el almacén. Resulta que,

en este caso, todas las piezas son tratadas por igual, por lo que se identificó el costo teniendo en cuenta la descarga de las piezas cada vez que llegan al almacén.

Las piezas son transportadas desde el proveedor al almacén en un camión, perteneciente a la Empresa Operadora de Contenedores (ya mencionado anteriormente para calcular el costo de ordenar en la tabla 2.6). La mercancía llega envasada en cajas y paletizada, y es descargada del vehículo mediante un montacargas llevándose un tiempo total de 2,5 h. Por tanto, para hallar el costo mencionado, se requiere de tres variables: consumo de combustible, salario de los trabajadores y horas trabajadas.

En el año 2018 hubo cinco pedidos y el tiempo de descarga promedio de la mercancía es de 2,5 horas (dato aportado por el jefe de almacén). En el almacén se cuenta con tres trabajadores dedicados a esta acción, los cuales sumaron un salario anual de \$ 37802,25 y trabajaron en el año 253 días, que representan 2024 h; por lo que se les pagó en conjunto \$18,68/h, así se gastó en salario para cada pedido del 2018, un total de \$ 46,70/orden.

El montacargas consume de combustible 6,5 l/h, por lo que, se obtuvo un consumo de 16,25 l/orden; y teniendo en cuenta que se paga a \$ 0,80/l, se gastó en combustible \$ 13 /orden. El costo emitido en salario más el costo de combustible montacargas suman un costo total de \$ 298,50/orden.

Del total de dinero destinado a la compra en el año 2018, el 27,53 %/año fue de motores, el 23,27 %/año fue de mástiles y el 3,83 %/año fue de neumáticos macizos. En total los tres insumos considerados en el modelo de gestión de inventario suman una tasa de 54,65 %/año. Estos valores ya fueron calculados anteriormente y se extrajeron de la tabla 2.7. Por tanto, se multiplica cada tasa por el costo menor de ordenar hallado (\$ 298,50/orden) y se obtiene un costo menor de ordenar por pieza de \$ 82,18/orden para el motor, \$ 69,48/orden para el mástil y \$ 11,45 para los neumáticos.

Para hallar el costo total de ordenar las tres piezas seleccionadas, se toma el por ciento que representan las piezas juntas en pesos del total de dinero destinado a la compra (dato obtenido anteriormente en la tabla 2.7). Este valor es del 54,65 %, y es multiplicado por el costo de ordenar \$ 15 492,74 (hallado en la tabla 2.6). Por tanto, cada vez que se ordene un pedido de motores ISUZU, mástiles de elevación y neumáticos macizos 28x9-15 en conjunto, se incurre en un costo total de \$ 8 466,12/orden

En la tabla 2.9 puede observarse el resumen de estos costos.

Tabla 2.9. Resumen de costos menores de ordenar si se incluye un artículo i en la orden

Rubro	Valor (\$/orden)
Gasto en salario	233,50
Gasto en combustible	65,00
Gasto total	298,50
Costo menor de ordenar si se incluye el motor en la orden	82,18
Costo menor de ordenar si se incluye el mástil de elevación en la orden	69,48
Costo menor de ordenar si se incluye el neumático macizo 28x9-15 en la orden	11,45
Costo total de ordenar los tres artículos en una orden	8 466,12

Costo por faltantes

Un faltante ocurre cuando existe una demanda de un producto que no se tiene. Este puede surtirse atrasado o perderse. Cuando se pierde esta venta entonces se incurre en un costo por faltantes.

Para hallar el costo por faltantes para cada pieza, se multiplicó el precio de cada pieza (tabla 2.7) por la diferencia entre la demanda por pieza del año 2018 (tabla 2.10) y lo que realmente se vendió (tabla 2.7). Se obtuvo faltantes de \$ 1 318 669 en motores (resultado de $(237 \text{ motores/a} - 84 \text{ motores/año}) * \$ 8 618,75/\text{motor}$), \$ 712 926,70 en mástil de elevación (resultado de $(184 \text{ mástiles/a} - 85 \text{ mástiles/a}) * \$ 7 201,28/\text{mástil}$) y \$ 21 229,50 en neumático macizo 28x9-15 (resultado de $401 \text{ neumáticos/a} - 331 \text{ neumáticos/año}) * \$ 304,85/\text{neumático}$). En total, se obtuvo un costo de faltante por las tres piezas en conjunto de \$ 2 052 935.

Una vez realizada la evaluación de cada uno de los costos se procede a diseñar el sistema de reabastecimiento conjunto para las piezas seleccionadas

2.3.3 Diseño de un sistema de pedidos conjuntos para los productos seleccionados

En el presente epígrafe se procede a diseñar el sistema de reabastecimiento conjunto para los productos seleccionados: motor diésel ISUZU, mástil de elevación y neumáticos macizos 28x9-15. Para ello es necesario, además de los costos anteriormente hallados, establecer las demandas para cada pieza en el 2018. La empresa no registra estos datos; por lo que se estimó, con la ayuda de especialistas del taller y del departamento comercial, que la demanda mensual por

piezas oscila entre 17 y 23 motores, 14 y 17 mástiles y 30 y 36 neumáticos. Luego se generaron 12 números aleatorios (representación de cada mes del año) para cada uno de esos intervalos. Estos valores representan la demanda aproximada mensual por pieza durante el año 2018. La tabla 2.10 refleja la obtención de estos datos aleatorios. La unidad de tiempo a trabajar para diseñar el sistema de reabastecimiento conjunto es en mes, por tanto, se emplea la demanda promedio que hubo en el año 2018 para cada pieza, o sea 20 motores/mes, 15 mástiles/mes y 33 neumáticos/mes. Los costos de inventario por pieza (\$ 109,33/u-año para el motor, \$ 77,23/u-año para el mástil y \$ 0,54/u-año para el neumático) también fueron adaptados a esta unidad de tiempo ya que el sistema requiere que el costo de inventario y la demanda estén en la misma unidad de tiempo, esto se obtuvo dividiendo cada uno entre 12 (representación de los 12 meses del año), así se obtiene un costo de inventario mensual por pieza de \$ 9,11/u-mes para el motor, \$ 6,44/u-mes para el mástil y \$ 0,05/u-mes para el neumático.

Tabla 2.10. Demanda mensual para el año 2018

Piezas	En	Fe	M	Ab	M	Ju	Ju	A	Se	O	No	Di	Me
	.	b.	ar.	r.	ay.	n.	l.	g.	pt.	ct.	v.	c.	dia
Motor diésel ISUZU (u/mes)	20	23	20	18	19	17	21	20	20	23	18	18	20
Mástil de elevación (u/mes)	14	14	14	15	16	16	14	15	17	16	17	16	15
Neumático macizo 28x9-15 (u/mes)	35	31	34	33	32	36	35	36	36	30	33	30	33

Luego de obtener todos los datos necesarios se procede a aplicar el procedimiento presentado en el capítulo 1 para diseñar un sistema de reabastecimiento conjunto. Primeramente, se calculan los parámetros H_i , W_i y G_i para $k_{i0} = 1$ desde $i = 1, \dots, 3$. Luego el resultado de $W_i/G_i * H_i$ es comparado con la cota superior e inferior (anexo 9), para obtener la nueva k_i . Se realiza este procedimiento hasta que las k_{ij} converjan. Para entenderlo mejor se ilustrará un ejemplo. Para calcular k_{i1} se realiza lo siguiente:

1. Se halla $H_i = h_i * D_i / a_i$ para todas las piezas $H_1 = 9,11 * 20 / 82,18 = 2,19$, $H_2 = 6,44 * 15 / 69,48 = 1,42$ y $H_3 = 0,05 * 33 / 13,72 = 0,13$
2. Se halla $W_{i1} = \sum_{i=1} h_i * D_i * k_i + \sum_{i=1+1} h_i * D_i * k_i = 9,11 * 20 * 1 + 69,48 * 15 * 1 + 0,05 * 33 * 1 = 280,43$

3. Se halla $G_{i1} = \sum_{i=1} a_i/k_i + \sum_{i=1} a_i/k_i = 82,18/1 + 69,48/1 + 13,72/1 = 165,38$. Este valor se mantiene igual para la G_{i1} de todas las piezas puesto que todas las $k_{i0} = 1$, ocurriendo lo mismo para W_{i1} .
4. Luego se halla $W_{i1}/(G_{i1} \cdot H_i) = 280,43/(165,38 \cdot 2,19) = 0,77$ para el motor, 1,19 para el mástil (resultado de $280,43/(165,38 \cdot 1,42)$) y 12,94 para el neumático (resultado de $280,43/(165,38 \cdot 0,13)$).
5. Se busca la tabla del anexo 9, y se analiza a que cota pertenece para definir la nueva k_{ij} , para la primera pieza es $k_{11}=1$, porque está entre 0 y 2 ocurriendo lo mismo para la segunda pieza $k_{21}=1$. Para la tercera pieza ubicada en la cota de 12-20 es $k_{31}=4$. Por tanto, $k_1=1,1,4$. Seguido se emplea k_{i1} para calcular la k_{i2} .

Este procedimiento se sigue aplicando para seguir hallando las restantes k_{ij} , y se detiene una vez que las k_{ij} converjan, o sea cuando $k_{ij}=k_{i1}=k_{i2}=k_{in}$. Este procedimiento se muestra en la tabla del anexo 10.

A continuación, se sigue explicando el procedimiento:

1. Las k_{ij} convergieron de la siguiente forma $k_{i1} = 1$ $k_{i2} = 1$ $k_{i3} = 4$
2. Luego se selecciona a partir de k_{i1} (pues es cuando comienza a converger el sistema), la k_{ij} de menor costo total de inventario, que fue de \$ 3 893,42/mes, hallado mediante la ecuación 1.4 del capítulo 1.
3. Se calcula la cantidad de veces a ordenar: una vez por mes (resultado de la fórmula 1.1 del capítulo 1);
4. Después se halla la cantidad económica a ordenar por pieza: 20 motores diésel Isuzu, 15 mástiles de elevación y 134 neumáticos macizos 28x9-15 a través de la ecuación 1.3 del capítulo 1
5. Por último, el número de reabastecimientos por artículo a través de la ecuación 1.2, obteniéndose un reabastecimiento al mes por artículo.

A continuación, se resumen, en la tabla 2.11, los costos del sistema para cada k_{ij} .

Tabla 2.11. Resumen de costo del sistema según las k_{ij} .

			Motor diésel ISUZU		Mástil de elevación		Neumáticos macizos 28x9-15	
k_{ij}	$K^*(k_{ij})$ (\$/m)	$N^*(k_i)$ (ordenes /m)	Q (u/orden)	N^*i (reab/me s)	Q (u/orden)	N^*i (reab /mes)	Q (u/orden)	N^*i (reab /mes)

K _{i0}	3 883,23	1	20	1	15	1	33	1
k _{i1}	3 893,42	1	20	1	15	1	134	0,25
k _{i2}	3 913,63	1	20	1	15	1	134	0,25
k _{i3}	3 913,63	1	20	1	15	1	134	0,25

Con el sistema diseñado se incurre en un costo mensual de \$ 3 893,42, que, llevado a términos anuales, sería \$ 46 721,04/año. Se realiza una orden mensual para el motor y el mástil, mientras que para los neumáticos macizos 28x9-15, se ordena cada cuatro meses, es decir tres veces en el año. La cantidad a ordenar por cada pieza es 20 motores/orden, 15 mástiles/orden y 134 neumáticos/orden. De este análisis pudiera considerarse, además, que la rotación por pieza sería de 12 veces/año para el motor y el mástil y en el caso de los neumáticos sería de 3 veces/año. Esto se debe a que se recibe una orden por mes para el motor y el mástil y para los neumáticos cada cuatro meses, lo que figura que se reciben 3 órdenes en el año.

2.3.4 Definición de stock de seguridad y nivel de servicio al cliente para sistema de reabastecimiento de múltiples artículos a partir de la simulación de Montecarlo

Este modelo se procedió a simularlo por el método de Montecarlo, con la utilización de Microsoft Excel, para definir el stock de seguridad y nivel de servicio al cliente. Fue necesario para la simulación, las demandas mensuales (tabla 2.12) y plazos de entrega. Los plazos de entrega de las órdenes realizadas en el 2018, desde que se emitieron hasta que llegaron al almacén, se muestran en la tabla 2.11.

Tabla 2.12. Plazos de entrega de las órdenes emitidas en el 2018.

Órdenes	1	2	3	4	5	Total	Promedio
Plazo (Días)	16	34	48	126	30	254	51
Plazo (Meses)	0,76	1,61	2,28	5,98	1,42	12	2,47

Una vez obtenidos los datos de demandas por pieza y plazos de entrega de las órdenes se proceden a probar los supuestos de aleatoriedad y normalidad, para poder aplicar la simulación. Para ello, se hace uso de la herramienta Minitab 18.

En el supuesto de aleatoriedad se realiza una prueba de hipótesis, donde se plantea para cada variable lo siguiente:

H₀: Los datos de la muestra se encuentran en orden aleatorio.

H₁: Los datos de la muestra no se encuentran en orden aleatorio.

Para tomar la decisión, la región crítica empleada fue $p \leq \alpha$ que es una región de rechazo, es decir, que de cumplirse se puede afirmar que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0) y decir que los datos de la muestra no se encuentran en orden aleatorio. Los valores de “valor-p” arrojados por el programa para cada demanda y los plazos de entrega son mayores que $\alpha = 0,05$ no cumpliéndose la región crítica, por lo que tanto los datos de la muestra de las demandas como de los plazos de entrega son aleatorios. En los anexos 11 y 12 se muestran los resultados de esta prueba para cada una de las variables.

La prueba de normalidad se efectuó de manera similar, las hipótesis fueron:

H_0 : Los datos siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal.

La región crítica empleada fue $p \leq \alpha$, y los valores de p fueron mayor a 0,05 no se cumple la región crítica, por lo que hay evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula (H_0) y decir con un nivel de confianza del 95 % que los datos siguen una distribución normal. En los anexos 13 y 14 se ilustran las gráficas que validan esta prueba para cada variable. La escala vertical de las gráficas se asemeja a la escala vertical del papel de probabilidad normal. El eje horizontal es una escala lineal para los valores de demanda y plazos de entrega. La línea forma un estimado de la función de distribución acumulada para la población de la cual se extrajeron los datos.

Luego de probados los supuestos, se prosigue con la simulación. Se determinó la frecuencia absoluta, relativa y acumulada para los datos de la demanda y plazos de entrega. Por último, se hallan los intervalos necesarios para generar los números aleatorios más adelante. Estos intervalos se hallan teniendo en cuenta la frecuencia acumulada, por ejemplo, para el caso del motor, el primer intervalo se determinó por la primera frecuencia acumulada en términos decimales que es de 0,08, por lo que el intervalo se extiende de 0 a 8 (no está en términos decimales porque se multiplica por 100 la frecuencia acumulada), seguidamente surge el segundo intervalo que comienza con el número (9) que le sigue al primer intervalo hasta la segunda frecuencia acumulada (33), por tanto el segundo intervalo es de 9 a 33; de igual forma ocurre con los demás datos. A continuación, se muestran los resultados en la tabla 2.13 y 2.14.

Tabla 2.13. Frecuencia absoluta, relativa y acumulada de las demandas por pieza

Motor diésel ISUZU						
Demanda (mes)	17	18	19	20	21	23
Frecuencia	1	3	1	4	1	2
Frec. Relat.	0,08	0,25	0,08	0,33	0,08	0,17

Frec Acum.	0,08	0,33	0,42	0,75	0,83	1,00	
Intervalos	0-8	9--33	34-42	43-75	76-83	84-100	
Mástil de elevación							
Demanda (mes)	14	15	16	17			
Frecuencia	4	2	4	2			
Frec. Relat.	0,33	0,17	0,33	0,17			
Frec Acum.	0,33	0,50	0,83	1,00			
Intervalos	0-33	34-50	51-83	84-100			
Neumáticos macizos 28x9-15							
Demanda (mes)	30	31	32	33	34	35	36
Frecuencia	2	1	1	2	1	2	3
Frec. Relat.	0,17	0,08	0,08	0,17	0,08	0,17	0,25
Frec Acum.	0,17	0,25	0,33	0,50	0,58	0,75	1,00
Intervalos	0-17	18-25	26-33	34-50	51-58	59-75	76-100

Tabla 2.14. Frecuencia absoluta, relativa y acumulada de los plazos de entrega.

Plazos de entrega					
L (mes)	0,76	1,42	1,61	2,28	5,98
Frecuencia	1	1	1	1	1
Frec. Relat.	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Frec Acum.	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
Intervalos	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100

Luego se generaron 15 números aleatorios (entre 0 y 100) para los intervalos de las demandas y plazos de entrega por pieza. Seguidamente se aplicó la simulación de Montecarlo y los resultados se encuentran en las tablas 2.15, 2.16 y 2.17. A continuación se hace una explicación sobre cómo se realiza este método.

Una vez generados los números aleatorios, se busca en qué intervalo se encuentra según la tabla 2.13 o 2.14 y se selecciona la demanda a la que corresponde el intervalo. Por ejemplo, el primer número aleatorio que se generó para la demanda de los motores es 23, este valor se encuentra en el intervalo (8-33) por tanto, la demanda perteneciente es de 18 motores/mes, de igual forma se realiza para los demás datos. Siguiendo con el ejemplo, el primer dato aleatorio para los plazos de entrega es 6 perteneciente al intervalo (0-20), obteniéndose un plazo de entrega de 0,76 meses.

Luego se multiplica la demanda y plazo de entrega obtenidos por los datos aleatorios y se obtiene la demanda durante el tiempo de suministro (Dts) que es aproximadamente 14 unidades. Para

obtener el stock de seguridad, se halla la diferencia entre el Dts y el producto resultante de la demanda promedio por el plazo de entrega promedio, y así sucede con los restantes valores. En este caso resulta un valor negativo por lo que se toma como stock de seguridad 0 unidades, pero como se puede observar, para el quinto número generado aleatoriamente, se obtiene un stock de seguridad de 77 unidades.

Por último, se determina el nivel de servicio al cliente, primero se toma el mayor valor de stock de seguridad (77 unidades) y se analiza si dejando esta cantidad en inventario puede satisfacer el inventario de reserva para los demás valores de la misma columna, como es el caso, representa el 100% de NSC. Siguiendo con el próximo valor mayor, 17 unidades, el cual satisface 14 valores de la columna, por tanto, se halla que por ciento representa esta cantidad del total de valores de la columna, resultando ser en este caso del 93,33%. Este procedimiento se aplica igual para las demás piezas. Las tablas 2.15, 2.16 y 2.17 muestran la simulación para cada pieza.

Tabla 2.15. Simulación de Montecarlo para el motor diésel ISUZU

Motor diésel ISUZU									
Di	Li	Int. Di	Int. Li	d	l	Dts	S´	S´	NSC (%)
23	6	8--33	0-20	18	0,76	13,68	-33,91	0	0
43	23	43-75	21-40	20	1,42	28,4	-19,19	0	0
83	29	76-83	21-40	21	1,42	29,82	-17,77	0	0
21	78	8--33	61-80	18	2,28	41,04	-6,55	0	0
78	88	76-83	81-100	21	5,98	125,58	77,99	78	100
39	24	34-42	21-40	19	1,42	26,98	-20,61	0	0
66	52	43-75	41-60	20	1,61	32,2	-15,39	0	0
38	73	34-42	61-80	19	2,28	43,32	-4,27	0	0
68	35	43-75	21-40	20	1,42	28,4	-19,19	0	0
76	33	76-83	21-40	21	1,42	29,82	-17,77	0	0
49	24	43-75	21-40	20	1,42	28,4	-19,19	0	0
43	42	43-75	41-60	20	1,61	32,2	-15,39	0	0
93	11	84-100	0-20	23	0,76	17,48	17,48	17	93,33
45	34	43-75	21-40	20	1,42	28,4	-19,19	0	0
61	18	43-75	0-20	20	0,76	15,2	-32,39	0	0

Tabla 2.16. Simulación de Montecarlo para el mástil de elevación

Mástil de elevación									
Di	Li	Int. Di	Int. Li	d	l	Dts	S´	S´	NSC (%)

46	6	34-50	0-20	15	0,76	11,4	-25,55	0	0
8	23	0-33	21-40	14	1,42	19,88	-17,07	0	0
35	29	34-50	21-40	15	1,42	21,3	-15,65	0	0
32	78	0-33	61-80	14	2,28	31,92	-5,03	0	0
58	88	51-83	81-100	16	5,98	95,68	58,73	59	100
27	24	0-33	21-40	14	1,42	19,88	-17,07	0	0
79	52	51-83	41-60	16	1,61	25,76	-11,19	0	0
5	73	0-33	61-80	14	2,28	31,92	-5,03	0	0
8	35	0-33	21-40	14	1,42	19,88	-17,07	0	0
70	33	51-83	21-40	16	1,42	22,72	-14,23	0	0
58	24	51-83	21-40	16	1,42	22,72	-14,23	0	0
69	42	51-83	41-60	16	1,61	25,76	-11,19	0	0
85	11	84-100	0-20	17	0,76	12,92	-24,03	0	0
17	34	0-33	21-40	14	1,42	19,88	-17,07	0	0
91	18	84-100	0-20	17	0,76	12,92	-24,03	0	0

Tabla 2.17. Simulación de Montecarlo para los neumáticos macizos 28x9-15

Neumáticos macizos 28x9-15									
Di	Li	Int. Di	Int. Li	d	l	Dts	S´	S´	NSC (%)
13	6	0-17	0-20	30	0,76	22,8	-57,73	0	0
79	23	76-100	21-40	36	1,42	51,12	-29,41	0	0
16	29	0-17	21-40	30	1,42	42,6	-37,93	0	0
58	78	51-58	61-80	34	2,28	77,52	-3,01	0	0
66	88	59-75	81-100	35	5,98	209,3	128,77	129	100
66	24	59-75	21-40	35	1,42	49,7	-30,83	0	0
94	52	76-100	41-60	36	1,61	57,96	-22,57	0	0
25	73	18-25	61-80	31	2,28	70,68	-9,85	0	0
75	35	59-75	21-40	35	1,42	49,7	-30,83	0	0
81	33	76-100	21-40	36	1,42	51,12	-29,41	0	0
71	24	59-75	21-40	35	1,42	49,7	-30,83	0	0
0	42	0-17	41-60	30	1,61	48,3	-32,23	0	0
52	11	51-58	0-20	34	0,76	25,84	-54,69	0	0
9	34	0-17	21-40	30	1,42	42,6	-37,93	0	0
97	18	76-100	0-20	36	0,76	27,36	-53,17	0	0

Una vez analizada la simulación de Montecarlo, se define un stock de seguridad por pieza de 78 motores, 59 mástiles y 129 neumáticos, asegurando un NSC del 100% para cada una de las piezas. Para aprobar la simulación de Montecarlo se validaron los resultados mediante la

regresión simple por el software Minitab 18. Los datos fueron procesados en el MiniTAb, donde se tuvo en cuenta para su análisis el valor de la prueba estadística del coeficiente de determinación R^2 . A continuación se muestra como se procedió para el motor mediante un ejemplo.

Ejemplo: Prueba de R^2

Se plantean las hipótesis:

H_0 : Las variables no tienen una buena asociación lineal.

H_1 : Las variables tienen una buena asociación lineal.

$R^2 = 76\% > 70\%$, se rechaza la hipótesis nula y por tanto se acepta que hay una buena asociación lineal entre las variables. Lo que quiere decir, que el 95 % de la variabilidad del NSC es explicado por el stock de seguridad. Como se pudo comprobar existe una buena correlación entre el stock de seguridad y nivel de servicio al cliente, en cuanto a los motores. De igual forma ocurre para las restantes piezas, los resultados pueden observarse en los anexos 15, 16 y 17. Por tanto, la simulación es válida.

2.4 Evaluación del desempeño del sistema de inventario actual en la UEB MONCAR Centro con respecto al sistema de reabastecimiento conjunto diseñado

Para decidir si es mejor el sistema diseñado o el sistema de gestión de inventario actual de la UEB MONCAR Centro, se analiza el año 2018 y se evalúan, para cada gestión, tres indicadores fundamentales: rotación de los inventarios, costo de inventario y nivel de servicio al cliente. Primeramente, se evalúa la gestión de inventario actual de la UEB, tal como se muestra a continuación:

1. La rotación del inventario se determinó por la cantidad de órdenes que hubo en el año 2018, partiendo de las cinco órdenes que hubo en el periodo analizado (dato ya determinado anteriormente en el epígrafe 2.3.2 y considerando que en cada orden se surtieron los tres insumos estudiados, se obtiene una rotación de los inventarios de cinco rotaciones al año.
2. El costo de la gestión de inventario actual se determinó por la ecuación 1.5 del capítulo 1, el cual se compone de la suma de los costos de mantener en inventario, ordenar y el de compra.

$$CT = \frac{Q}{2} * H + \frac{D}{Q} * S + C * D \quad (1.5)$$

- Al no disponer en este sistema actual de un dato que haga función de Q, para calcular el costo de mantener en inventario se aplica la tasa de compra para los tres artículos tomada de la tabla 2.7 al costo total de mantener en inventario, tomado de la tabla 2.5. Por tanto se obtiene *el costo de inventario* es de \$ 26 774,30/año resultado de $0,5465 * \$ 48 996,13/\text{año}$.
- El *costo por faltantes* (Cf) fue hallado en el subepígrafe 2.3.2.1, que fue de \$ 2 052 935,20 para las tres piezas en conjunto, pero en este caso no se tendrá en cuenta para el costo total de las gestión de inventario por lo explicado en ese propio epígrafe.
- El *costo de ordenar* los tres productos en conjunto para el año estudiado, se obtuvo multiplicando la tasa de compra por el costo total anual de ordenar (\$ 77 463,67, extraído de la tabla 2.6), obteniéndose \$ 42 330,61/año.
- El *costo de compra* (Cc) para cada insumo se determinó multiplicando cada costo por la demanda de piezas para el año analizado. El costo por pieza se extrajo de la tabla 2.7 mientras que la demanda de la tabla 2.10.

Luego sustituyendo los valores se obtiene un costo total de gestión de inventario de \$ 3 559 029,03. En la tabla 2.18 se resumen dichos costos.

Tabla 2.18. Costo total de la gestión de inventario actual

Piezas	Costo de inventario (\$/a)	Costo por faltante (\$/a)	Costo ordenar en el año (\$/a)	Costo total de compra (\$)	Costo total de la gestión de inventario (\$/a)
Motor Diésel Isuzu	13 489,26	1 318 669,00	21 326,74	2042643.75	2077459.75
Mástil de elevación	11 404,95	712 926,70	18 031,42	1325035.52	1354471.89
Neumáticos macizos 28x9-15	1 880,09	21 339,50	2 972,45	122244.85	127097.39
Total	26 774,30	2 052 935,20	42 330,61	3 489 924,12	3 559 029,03

3. El nivel de servicio al cliente se determinó por la ecuación 2.6.

$$NSC = \frac{Ventas}{Demanda} * 100 \quad (2.6)$$

$$NSC_{motor} = \frac{84 \text{ motores}}{237 \text{ motores}} * 100 = 35,44\%$$

$$NSC_{\text{mastiles}} = \frac{85 \text{ mastiles}}{184 \text{ mastiles}} * 100 = 46,20\%$$

$$NSC_{\text{neumaticos}} = \frac{331 \text{ neumaticos}}{401 \text{ neumaticos}} * 100 = 82,54\%$$

Se determinó un NSC promedio de 54,74%.

En un segundo instante se evalúan los indicadores para el sistema de reabastecimiento conjunto diseñado tal como se muestra a continuación:

1. La rotación del inventario se determinó por la cantidad de órdenes a realizar si se hubiera aplicado el sistema de reabastecimiento conjunto diseñado en el año 2018. Para este caso se diseñaron 12 órdenes para el motor y el mástil, y 3 para los neumáticos (datos tomados del subepígrafe . 2.3.3. Se considera entonces una rotación de 12 veces al año.
2. El costo total de la gestión de inventario del sistema propuesto se determinó por la ecuación 1.4 sumándole el costo de compra de las piezas, por tanto se obtiene que $CT = \$ 46 721,04/\text{año} + \$ 3 489 924,12/\text{año} = \$ 3 536 645,16/\text{año}$. El costo de la gestión de inventarios del sistema fue hallado anteriormente por la ecuación 1.4 del capítulo 1, en el subepígrafe 2.3.3.El costo de compra total (Cc) se determinó por la sumatoria del producto del costo de compra por la demanda de cada pieza.
3. El nivel de servicio al cliente se determinó por la simulación de Montecarlo en el subepígrafe 2.3.4. Con la simulación se definió un NSC para cada pieza del 100% para el inventario de seguridad seleccionado.

En la tabla 2.19 se refleja un resumen de estos indicadores comparados con los correspondientes a la gestión de inventario actual.

Tabla 2.19. Comparación entre la gestión de inventario actual y el sistema de gestión de inventario diseñado.

Indicador	Sistema de gestión de inventario actual	Sistema de gestión de inventario diseñado
Rotación de inventario (veces/año)	5	12
Costo total de gestión de inventario (\$/año)	3 559 029,03	3 536 645,16
Nivel de servicio al cliente (%)	54,73	100

Analizando la tabla 2.19, se puede observar que el sistema de gestión de inventario de reabastecimiento conjunto diseñado es más eficiente que la gestión de inventario actual de la UEB MONCAR Centro. Partiendo de los indicadores calculados, se obtiene una mejor rotación al año para los artículos, o sea 12 veces/año pues mientras mayor sea la rotación de los productos mayor serán las ventas. En cuanto a los costos de gestión de inventario anual, el sistema de gestión de inventario diseñado infliere \$ 3 536 645,16/año, por lo que se observa una diferencia de \$ 22 383,87 con respecto al sistema actual. Por último, el NSC es del 100% con el nuevo sistema diseñado, por lo que podrá cumplirse con la demanda de sus clientes y no se incurrirá en costos de oportunidad.

2.5 Conclusiones parciales

1. La caracterización de la gestión de inventario de la UEB MONCAR Centro permitió detectar que las principales deficiencias que la afectan son: la inexistencia de parámetros de control de inventarios, baja disponibilidad de insumos, desabastecimiento de insumos líderes y no control de los costos de almacén.
2. El criterio ABC/XYZ permitió la clasificación de los inventarios de la UEB MONCAR Centro según las ventas anuales por pieza y la variación de sus demandas. A partir de ello se seleccionaron las piezas a emplear en el sistema de reabastecimiento conjunto, para las cuales se determinó los costos asociados a la gestión de sus inventarios. Quedaron seleccionadas las piezas siguientes: neumáticos macizos 28x9-15 perteneciente al cuadrante AX, mástil de elevación triple full free 4700 mm y motor diésel Isuzu, correspondientes al cuadrante AY por ser las piezas con mayor venta y variación de demanda.
3. Se diseñó un sistema de gestión de reabastecimiento conjunto para los tres insumos seleccionados, que dio como resultado que para el motor y el mástil se realiza un reabastecimiento mensual mientras que, para el neumático, un reabastecimiento cada cuatro meses. La cantidad económica a ordenar por cada insumo es 20 motores/orden, 15 mástiles/orden y 134 neumáticos/orden.
4. La simulación de Montecarlo permitió, mediante Microsoft Excel, definir stock de seguridad y nivel de servicio al cliente por pieza.
5. Con la evaluación del sistema de gestión de inventario de reabastecimiento conjunto con respecto a la gestión de inventario actual, se demostró que el sistema diseñado reduce el

costo total de gestión de inventario en \$ 22 383,87, aumenta la rotación de los insumos a 12 veces en el año y además logra un nivel de servicio al cliente de 100%.

6. A modo resumen puede afirmarse que, con la elaboración de este capítulo, se ha dado cumplimiento a los objetivos dos y tres, propuestos en la introducción del presente trabajo.

Conclusiones

Conclusiones

Una vez consumada la investigación, se logra dar cumplimiento a los objetivos propuestos inicialmente. A continuación, se resumen las principales conclusiones:

1. La literatura consultada permitió recopilar los principales conceptos precisos para el desarrollo del presente trabajo de diploma, con la actualidad necesaria y considerando el desarrollo existente a nivel mundial y en particular en Cuba. Además, propició el encuentro de diferentes técnicas y herramientas útiles para la clasificación y gestión de los inventarios.
2. La caracterización de la gestión de inventario de la UEB MONCAR Centro permitió detectar que las principales deficiencias que la afectan, y mediante el criterio ABC/XYZ se clasificaron sus inventarios según las ventas anuales por pieza y la variación de sus demandas.
3. Se diseñó un sistema de gestión de reabastecimiento conjunto para los tres insumos seleccionados, donde se determinó realizar una orden por mes, para el motor y el mástil mientras que, para el neumático, un reabastecimiento cada cuatro meses. La cantidad económica a ordenar por cada pieza es 20 motores/orden, 15 mástiles/orden y 134 neumáticos/orden.
4. Se demostró la superioridad del sistema de gestión de inventario de reabastecimiento conjunto con respecto a la gestión de inventario actual, puesto que se reduce el costo total de gestión de inventario en \$ 22 383,87, aumenta la rotación de los insumos a 12 veces en el año y además logra un nivel de servicio al cliente de 100%.

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Analizar los insumos que no se incluyeron en el sistema de reabastecimiento conjunto y diseñar un sistema de gestión de inventario adecuado para los mismos o extender la aplicación del sistema de gestión de inventario de reabastecimiento conjunto a los demás insumos de la UEB para con su integración lograr menor costo de gestión de sus inventarios.
2. Proponer la utilización de este sistema de gestión de inventario en otras direcciones territoriales del país con vistas a lograr el mejor funcionamiento posible de la empresa a nivel nacional.
3. Considerar los resultados en una tesis de maestría de la cual forma parte el presente trabajo para poder cimentar las bases de la misma.
4. Mantener la investigación como un material de consulta en el departamento de Ingeniería Industrial, tanto para estudiantes como profesores.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

1. ACEVEDO SUÁREZ, J. A., LOPES MARTÍNEZ, I. & GÓMEZ ACOSTA, M. I. 2012. "Situación de la gestión de inventarios en Cuba". en *Ing. Industrial*, V. 33, No. 3, pp.
2. AGÜERO ZARDÓN, L. & URQUIOLA GARCIA, I. M. D., EDITH 2016. "Propuesta de procedimiento para la gestión de inventarios ". en *Ing. Industrial*, V. 15, No. 2, pp. 1-3.
3. ARRECHEDORA GRILLO, I. 2018. "*Gestión de Inventarios: tipos, modelos y ejemplos*" [En línea].en Liferder, Venezuela. Disponible en: <https://www.liferder.com/gestion-inventarios/> [Accesado febrero, 2019].
4. AVILA OCHOA, J. 2017. "*Su aliado en logística* " [En línea].en M&E Montacargas, Guatemala. Disponible en: <https://www.m&emontacargas.com/su-aliado-en-logística/> [Accesado febrero de 2019].
5. BAJAÑA DELGADO, E. J. 2017. *Modelo de control de inventario de mercadería para la ferretería el constructor del cantón Baba*. Proyecto de Investigación Previo al Título de Ingeniería en Contabilidad Superior Auditoría y Finanzas. Babahoyo, Ecuador, Facultad de Sistemas Mercantiles, Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES.
6. BALLOU, R. H. 2004. *Logística .Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición*, Mexico. MENDOZA BARRAZA, C. pp. 381-382
7. BARBERÁ BELTRAN, R. 2017. "*Clasificación de Inventarios. Sistema ABC*" [En línea].en IPEA Formación, Islas Canarias, España. Disponible en: <https://www.ipeaformacion.com/logistica/clasificacion-de-inventarios-sistema-abc/> [Accesado febrero, 2019].
8. BEJARANO, J. 2019. "*Presentation*" [En línea].en General Equipos de Colombia S:A Colombia. Disponible en: <https://gecolsa.com/> [Accesado enero, 2019].
9. CALDERÓN BURGOS, P. 2019. "*Productividad redefinida*" [En línea].en Linde Material Handling, EEUU. Disponible en: <https://www.linde-mh.com/en/> [Accesado marzo, 2019].
10. CARDONA ARBELÁEZ, D., BALZA FRANCO, V. & HENRÍQUEZ FUENTES, G., 2014, Innovación en los procesos logísticos: Retos locales frente al desarrollo global [En línea]. en Comunidades & Colecciones. Bogotá, Colombia.Facultad de Ciencias

- Económicas, Administrativas y Contables. Disponible en: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10691/DINAMICA_E_INNOVACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Accesado febrero 2019].
11. CAUSADO RODRIGUEZ, E. 2015. "Modelos de inventarios para control economico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos". en *Revista Ingenierias*, V. 14, No. 27, pp. 163-178.
 12. CESPÓN CASTRO, R. 2003. *Administración de la Cadena de Suministros . Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial*. Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras (UNITEC). San Pedro Sula, Honduras. pp. 5-74
 13. CHACKELSON LURNER, C. & ERRASTI LÓPEZ, A. 2010. "Validation of an expert system for inventory replenishment using case studies". en *Memory of scientific dissemination works.*, V. 1, No. 8, pp. 78-85.
 14. CHAMORRO COREA, J. L., DÍAZ CAMEJO, J. E., FUENTES ESPINOZA, O. D. & LOVO GUTIÉRREZ, H. Y. 2018. "Política de inventarios máximo y minimos en cadenas de suministro multinivel. Caso de estudio: Empresa de Distribución Farmacéutica". en *Revista Científica* V. 31, No. 2, pp. 144-156.
 15. DÍAZ CARVAJAL, D. M. & PATIÑO MARTÍNEZ , V. Y. 2011. *Implementación de Sistema de Gestión inventarios pra formas y color en lámina WJ LTD*. Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Industrial. . Bogotá, Colombia, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Libre.
 16. GARCIA ESPINOSA, R. J. 2009. "Información de empresa " [En línea].en Forza Montacargas, Monterrey, Mexico. Disponible en: <https://www.logismarket.com.mx/ic/forza-montacargas-a-continuacion-el-curriculum-de-nuestra-empresa-991570.pdf> [Accesado.
 17. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ , D. A. & INSIGNARES BARBOZA , S. A. 2017. *Diseño y Evaluación de un plan de mejora para la optimización del proceso de reconstrucción de componentes de RELIANZ MINING SOLUTIONS S.A.S*. Tesis de grado. Barranquilla, Colombia, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Norte.
 18. GUTIÉRREZ, V. & VIDAL, C. J. 2008. "Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura ". en *Fac. Ing. Univ. Antioquia* V. No. 43, pp. 134 -149.

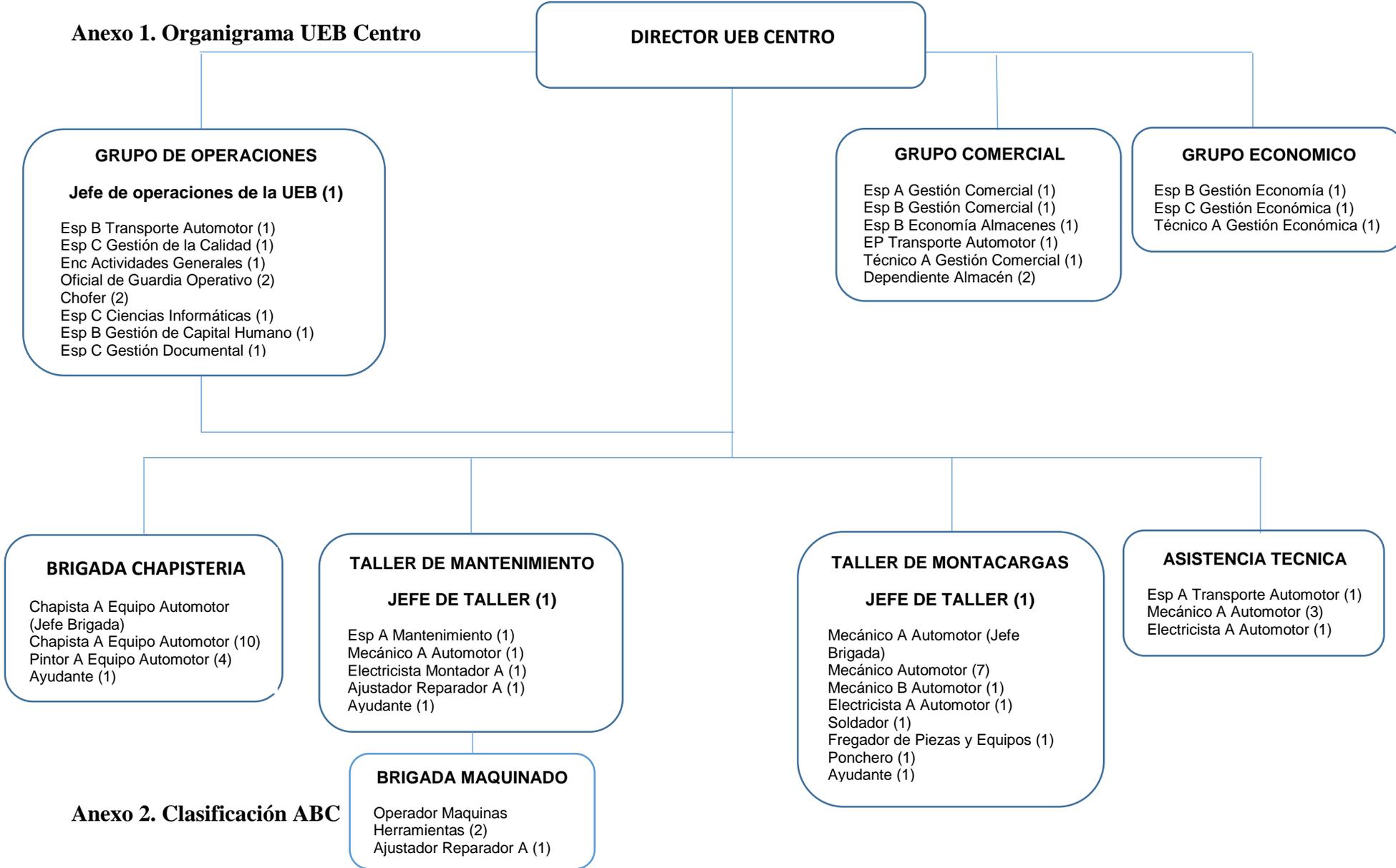
19. LAXA, T. 2016. "*Forklift history*" [En línea].en Material Handling Blog, EEUU. Disponible en: <http://blog.unicarrierseurope.com/material-handling-blog/the-forklift-truck-a-long-story-in-short/> [Accesado febrero, 2019].
20. LEBIED, M. 2018. "*A Beginner's Guide To Inventory Metrics And Best Practices*" [En línea].en The datapine blog, 6 de junio de 2018. Berlin, Germany. Disponible en: <https://www.datapine.com/blog/inventory-metrics-and-kpi-best-practices/> [Accesado febrero, 2019].
21. LOCKARD, R. 2017. How to measure your inventory performance. *Fishbowl Blog* [En línea]. Disponible en: <https://www.fishbowlinventory.com/blog/2017/06/20/how-to-measure-your-inventory-performance/>.
22. MEP. 2017. Sistema Empresarial Estatal Cubano. Decreto No. 335. Gaceta Oficial de la República de Cuba. La Habana, Cuba
23. MFP. 2018. Norma cubana de contabilidad No. 9 "Inventarios". Resolución No.360/2018. Gaceta Oficial de la República. La Habana, Cuba
24. MILAN, D. R. 2017. "The Significance of the Integrated Multicriteria ABC-XYZ Method for the Inventory Management Process ". en *Acta Polytechnica Hungarica*, V. 14, No. 5, pp. 29-48.
25. MINCIN. 2019. REGLAMENTO PARA LA LOGÍSTICA DE ALMACENES. Gaceta Oficial de la República. La Habana, Cuba
26. MIRANDA PACHECO, M. J. 2018. *Propuesta de mejora en la cadena de suministro para optimizar los procesos en el área de planificación de una planta de pinturas (Tesis parcial)*. Tesis de grado. Ingeniero. Perú, Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte.
27. NAHER, M. 2014. ABC/XYZ Inventory Control. *Logisticaudit* [En línea]. Disponible en: <https://logisticaudit.wordpress.com/tag/abcxyz-inventory-control/>.
28. NICASIO, F. 2017. 6 Inventory Metrics You Should Track (and How to Do It) *VendHQ* [En línea]. Disponible en: <https://www.vendhq.com/blog/inventory-metrics-to-track-and-how/> [Accesado febrero, 2018].
29. NICKL, M. 2005. "La evolución del concepto "Logística" al de "Cadena de Suministros" y más allá". en *Compras y existencias*, V. No. 140, pp. 15-19.

30. OBED ALVARADO, J. 2018. ¿Qué es un sistema de gestión de inventario y qué características necesito? . *Sistemas Web* [En línea]. Disponible en: <https://obedalvarado.pw/sistema-de-control-de-inventario/>.
31. RESTREPO VELEZ, L. 2017. ¿Qué es la cadena de suministro y cuáles son sus funciones? *Administración y finanzas, Productividad y competitividad* [En línea]. Disponible en: <https://mdc.org.co/que-es-la-cadena-de-suministro-y-cuales-son-sus-funciones/>.
32. SIPPER, D. & BULFIN, R. L. 1998. *Production: Planning, Control and Integration*. Mexico. pp.
33. TRUJILLO, P. 2016. Six important inventory KPIS that can make or break warehouse. *Busines 2 Community* [En línea]. Disponible en: <https://www.business2community.com/product-management/6-important-inventory-kpis-can-make-break-warehouse-01479733>.
34. VALDERRAMA VARGAS, L. J. 2017. *Diseño de un aplicativo para la administración de inventarios, basado en un sistema experto de demanda, orientado a pequeñas y medianas empresas*. Ingeniero Industrial. Nueva Granada, Ingenieria Industrial, Universidad Militar Nueva Granada.
35. VAN DIJK, E. 2018. "Clasificación de artículos de manera correcta". en *News, Slimstock Academy Latinoamérica* V. 1, No. 07, mayo 2018, pp. 12-15.
36. VIDAL HOLGUÍN, C. J. 2006. *Fundamentos de Gestión de Inventarios. Tercera Edición*, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería Santiago de Cali, Colombia. INGENIERÍA, A. G. D. L. F. E. pp. 1-16
37. VIU ROIG, M. 2015. *El rol del proveedor de servicios logísticos en la cadena de suministro. Análisis del sector farmacéutico*. Barcelona, España, Departamento de Economía y Organización de Empresas, Universidad de Barcelona.
38. ZIUKOV, S. 2015. *A literature review on Models of Inentory Management under uncertainty*. V.5, Chernivtsi, Ukraine. UNIVERSITY, M. R. pp. 26-34

Anexos

ANEXOS

Anexo 1. Organigrama UEB Centro



Anexo 2. Clasificación ABC

Código	Descripción	Importe anual	Frec. Acum.	Clasif.
H25S2-10202	Motor diésel ISUZU C240 PKJ HELI CPD25	723 974,83	29,49	A
HG251-00101	Mástil elevación triple full free 4700 mm ensamblado	612 109,14	54,43	
ZSM470	Puente de dirección armado	238 363,86	64,13	
HRH25S3801/H25	Pasador eje palanca distribuidor HELI CPD25	164 652,00	70,84	
23647-40041	Radiador HELI CPD25	120 831,48	75,76	
H25S2-10301	Neumáticos macizos 28x9-15	100 905,35	79,87	
300260	Conjunto manga diferencial ensamblado HELI CPD25	90 212,76	83,55	
H24C3-00001	Neumáticos súper elásticos	52 869,60	85,70	B
FPS130166	Horquillas HELI CPD25	42 599,10	87,44	
FPS130177	Ruedas delanteras armadas c/llantas 7.00X12	32 495,32	88,76	
HRA20A4401	Neumático con cámara y protector 825-15	31 817,48	90,06	
600-910PRCL619	Abrazadera HELI CPD25	31 615,48	91,35	
24455-42211	Radiador motor ISUZU	26 756,82	92,44	
H24C2-40491	Luz precaución Baliza HELI CPD25	25 537,92	93,48	
HRA20A7302/A20	Válvula control (3válvulas) HELI CPD25	25 298,98	94,51	
25785-22111	Tornillo HELI CPD25	25 024,12	95,53	
H24C4-10001	Conjunto ensamblado sistema control dirección HELI CPD25	23 601,48	96,49	
LF-2-26X	Ruedas traseras armadas con llantas 6,00 X 9	18 978,55	97,26	
H95C4-30301	Estructura puente HELI CPD25	16 689,55	97,94	
H2557-100	Bomba hidráulica de piñones	14 106,00	98,51	
HRA22A6408	Junta de goma HELI CPD25	13 905,78	99,08	

HRH25S5401/H2	Conjunto ensamblado sistema pedales freno avance lento HELI CPD25	12 195,64	99,58	
H97Y7-50001	Conjunto ensamblado depósito de aceite hidráulico HELI CPD25	10 357,86	100,00	

Anexo 3: Registro de piezas utilizadas por reparación general y mediana, por mes para el año 2018

Código	Descripción	En	Fe	M	Ab	M	Ju	Jul	A	Sep	Oc	No	Di	Prom
		.	b.	a.	r.	y.	n.	.	g.	t.	t.	v.	c.	.
H25S2-10202	Motor diésel ISUZU C240 PKJ HELI CPD25	10	9	9	8	8	8	6	5	5	6	5	5	7,00
HG251-00101	Mástil elevación triple full free 4700mm ensamblado	8	10	8	9	8	7	7	6	7	5	6	4	7,08
ZSM470	Puente de dirección armada	9	8	6	10	9	7	6	5	4	6	5	4	6,58
HRH25S3801/ H25	Pasador eje palanca distribuidor HELI CPD25	10	10	8	7	7	8	6	5	4	6	4	5	6,67
23647-40041	Radiador HELI	28	28	24	23	20	21	27	20	22	28	28	28	24,7 5
H25S2-10301	Neumáticos macizos 28x9-15	27	28	32	29	30	28	27	29	25	28	26	22	27,5 8
300260	Conjunto manga diferencial ensamblado HELI CPD25	10	9	8	6	8	7	5	4	5	5	6	3	6,33
H24C3-00001	Neumáticos superclásicos	24	28	26	20	26	30	22	28	24	18	20	16	23,5 0
FPS130166	Horquillas HELI CPD25	14	10	12	13	14	12	10	8	10	12	8	10	11,0 8
FPS130177	Ruedas delanteras armadas c/lantas 7.00x12	12	10	14	10	12	14	12	10	8	6	7	6	10,0 8
HRA20A4401	Neumático con cámara y protector 825-15	30	28	29	27	22	26	31	24	20	26	23	21	25,5 8
600- 910PRCL619	Abrazadera HELI CPD25	86 1	85 7	86 5	86 0	85 3	84 6	86 7	87 3	864 9	86 9	843 7	85 7	859, 58
24455-42211	Radiador motor ISUZU	8	10	7	9	8	6	5	7	8	5	6	4	6,92
H24C2-40491	Luz precaución Baliza HELI CPD25	17	20	23	16	15	18	13	16	14	14	15	11	16,0 0

HRA20A7302/ A20	Válvula control (3valvulas) HELI CPD25	8	7	10	9	8	6	7	8	6	10	5	8	7,67
25785-22111	Tornillo HELI CPD25	61 2	60 9	61 0	62 0	60 7	60 0	61 5	60 5	614	62 0	613	60 7	611, 00
H24C4-10001	Conjunto ensamblado sistema control dirección HELI CPD25	8	6	10	9	7	8	6	7	5	8	4	6	7,00
LF-2-26X	Ruedas traseras armadas con llantas 6,00 x 9	15	14	13	16	13	14	14	13	12	10	14	10	13,1 7
H95C4-30301	Estructura puente HELI CPD25	10	7	9	8	6	7	8	9	4	8	5	6	7,25
H2557-100	Bomba hidráulica de piñones	7	10	8	5	12	7	6	5	7	5	6	6	7,00
HRA22A6408	Junta de goma HELI CPD25	35	37	40	43	33	38	30	35	33	32	35	29	35,0 0
HRH25S5401/ H2	Conjunto ensamblado sistema pedales freno avance lento HELI CPD25	8	9	7	10	12	7	8	8	6	5	7	4	7,58
H97Y7-50001	Conjunto ensamblado depósito de aceite hidráulico HELI CPD25	7	8	6	10	9	7	6	9	7	4	6	5	7,00

Anexo 4. Clasificación XYZ

Código	Descripción	Coef. Var.	Clasificación
H25S2-10202	Motor diésel ISUZU C240 PKJ HELI CPD25	49,35	Y
HG251-00101	Mástil elevación triple full free 4700mm ensamblado	39,68	
ZSM470	Puente de dirección armada	62,03	
HRH25S3801/H25	Pasador eje palanca distribuidor HELI CPD25	63,64	
23647-40041	Radiador HELI	47,11	
H25S2-10301	Neumáticos macizos 28x9-15	23,37	X
300260	Conjunto manga diferencial ensamblado HELI CPD25	69,86	Y
H24C3-00001	Neumáticos superclásicos	80,85	Z
FPS130166	Horquillas HELI CPD25	38,48	Y
FPS130177	Ruedas delanteras armadas c/llantas 7.00x12	80,17	Z
HRA20A4401	Neumático con cámara y protector 825-15	50,78	Y
600-910PRCL619	Abrazadera HELI CPD25	9,42	X
24455-42211	Radiador motor ISUZU	45,89	Y
H24C2-40491	Luz precaución Baliza HELI CPD25	64,77	
HRA20A7302/A20	Válvula control (3válvulas) HELI CPD25	31,62	
25785-22111	Tornillo HELI CPD25	5,74	X
H24C4-10001	Conjunto ensamblado sistema control dirección HELI CPD25	41,56	Y
LF-2-26X	Ruedas traseras armadas con llantas 6,00 x 9	24,63	X
H95C4-30301	Estructura puente HELI CPD25	42,95	Y

H2557-100	Bomba hidráulica de piñones	64,94	
HRA22A6408	Junta de goma HELI CPD25	46,75	
HRH25S5401/H2	Conjunto ensamblado sistema pedales freno avance lento HELI CPD25	61,04	
H97Y7-50001	Conjunto ensamblado depósito de aceite hidráulico HELI CPD25	44,16	

Anexo 5. Clasificación ABC/XYZ

Código	Descripción	Clasif. ABC.	Clasif. XYZ	
H25S2-10202	Motor diésel ISUZU C240 PKJ HELI CPD25	A	Y	
HG251-00101	Mástil elevación triple full free 4700mm ensamblado			
ZSM470	Puente de dirección armada			
HRH25S3801/H25	Pasador eje palanca distribuidor HELI CPD25			
23647-40041	Radiador HELI			
H25S2-10301	Neumáticos macizos 28x9-15			X
300260	Conjunto manga diferencial ensamblado HELI CPD25			Y
H24C3-00001	Neumáticos superclásicos	B	Z	
FPS130166	Horquillas HELI CPD25		Y	
FPS130177	Ruedas delanteras armadas c/llantas 7.00x12		Z	
HRA20A4401	Neumático con cámara y protector 825-15		Y	
600-910PRCL619	Abrazadera HELI CPD25		X	
24455-42211	Radiador motor ISUZU		Y	
H24C2-40491	Luz precaución Baliza HELI CPD25			
HRA20A7302/A20	Válvula control (3valvulas) HELI CPD25			
25785-22111	Tornillo HELI CPD25			
H24C4-10001	Conjunto ensamblado sistema control dirección HELI CPD25		C	Y
LF-2-26X	Ruedas traseras armadas con llantas 6,00 x 9	X		
H95C4-30301	Estructura puente HELI CPD25	Y		

H2557-100	Bomba hidráulica de piñones		
HRA22A6408	Junta de goma HELI CPD25		
HRH25S5401/H2	Conjunto ensamblado sistema pedales freno avance lento HELI CPD25		
H97Y7-50001	Conjunto ensamblado depósito de aceite hidráulico HELI CPD25		

Anexo 6. Costo de compra de cada pieza de Montacargas

Código	Descripción	Costo (\$/u)
H25S2-10202	MOTOR DIESEL ISUZU C240 PKJ HELI CPD25	8 618,75
HG251-00101	MASTIL ELEVACION TRIPLE FULL FREE 4700MM ENSAMBLADO	7 201,28
ZSM470	Puente de direccion armada	3 017,26
HRH25S3801/H25	PASADOR EJE PALANCA DISRIBUIDOR HELI CPD25	2 058,15
23647-40041	Radiador Heli	406,84
H25S2-10301	Neumáticos macizos 28x9-15	304,85
300260	CONJUNTO MANGA DIFERENCIAL ENSAMBLADO HELI CPD25	1 187,01
H24C3-00001	Neumáticos superelásticos	157,35
FPS130166	Horquillas HELI CPD25	320,29
FPS130177	RUEDAS DELANTERAS ARMADAS C/LLANTAS 7.00X12	268,56
HRA20A4401	Neumático con cámara y protector 825-15	103,64
600-910PRCL619	Abrazadera HELI CPD25	3,07
24455-42211	RADIADOR MOTOR ISUZU	314,79
H24C2-40491	Luz precaución Baliza HELI CPD25	133,01
HRA20A7302/A20	VALVULA CONTROL (3VALVULAS) HELI CPD25	278,01
25785-22111	Tornillo HELI CPD25	3,41
H24C4-10001	CONJUNTO ENSAMBLADO SISTEMA CONTROL DIRRECCION HELI CPD25	280,97
LF-2-26X	RUEDAS TRASERAS ARMADAS CON LLANTAS 6,00 X 9	120,12
H95C4-30301	ESTRUCTURA PUENTE HELI CPD25	191,83
H2557-100	Bomba hidráulica de piñones	117,55
HRA22A6408	Junta de goma HELI CPD25	33,11
HRH25S5401/H2	Conjunto ensamblado sistema pedales freno avance lento HELI CPD25	134,02
H97Y7-50001	CONJUNTO ENSAMBLADO DEPOSITO DE ACEITE HIDRAULICO HELI CPD25	123,31

Anexo 7: Cumplimiento del plan de reparaciones capitales del 2018.

Plan de Reparaciones Capitales		Cant.	Cant.(MP)	Costo (\$)
Enero	Plan	7	367,5	
	Real	7	462,7	
Febrero	Plan	7	367,5	
	Real	7	467,1	
Marzo	Plan	7	367,5	
	Real	8	501,7	
Abril	Plan	7	367,5	367500
	Real	1	52,5	
Mayo	Plan	7	367,5	302500
	Real	1	66,9	
Junio	Plan	7	367,5	237500
	Real	2	242,3	
Julio	Plan	7	367,5	237500
	Real	2	94,5	
Agosto	Plan	7	367,5	302500
	Real	1	84,7	
Septiembre	Plan	7	367,5	302500
	Real	1	22,4	
Octubre	Plan	7	367,5	172500
	Real	3	73,7	
Noviembre	Plan	7	367,5	367500
	Real	1	52,5	
Diciembre	Plan	7	367,5	367500
	Real	1	52,5	

Anexo 8: Cumplimiento del plan de reparaciones medianas del 2018.

Plan de Reparaciones Medianas Montacargas		Cant.	Cant.(MP)	Costo
Enero	Plan	12	43,8	37000
	Real	9	9,6	
Febrero	Plan	12	43,8	26500
	Real	23	9,4	
Marzo	Plan	12	43,8	37000
	Real	9	4,3	
Abril	Plan	12	43,8	4000
	Real	53	18,7	
Mayo	Plan	12	43,8	27250
	Real	22	202,0	
Junio	Plan	12	43,8	16000
	Real	37	21,7	
Julio	Plan	12	43,8	22750
	Real	28	34,7	
Agosto	Plan	12	43,8	38500
	Real	7	2,2	
Septiembre	Plan	12	43,8	19000
	Real	33	105,2	
Octubre	Plan	13	43,8	43750
	Real	0	0	
Noviembre	Plan	13	43,8	43750
	Real	0	0	
Diciembre	Plan	20	100,0	99250
	Real	1	0,75	

Anexo 9: Cota superior e inferior para $WI/GI*Hi$

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo inferior	0	2	6	12	20	30	42	56	72	90
Costo superior	2	6	12	20	30	42	56	72	90	110

Anexo 10: Cálculo de parámetros para obtener un sistema de abastecimiento conjunto óptimo.

Artículo	Di (u/ m)	hi (\$/u/ m)	ai (\$)	Hi (hi*Di /ai)	k i 0	Wi 1	Gil	Wi1/(Gil*Hi)	K i1	Wi 2	Gi 2	Wi2/(Gi2*Hi)	k i 2	Wi 3	Gi 3	Wi3/(Gi3*Hi)	k i 3	Wi 4	Gi 4	Wi4/(Gi4*Hi)	k i 4
Motor diésel Isuzu	20	9,11	82 ,1 8	2,19	1	28 0,4 3	16 5,3 8	0,77	1	28 0,4 3	16 5,3 8	0,77	1	28 5,8 2	15 5,0 9	0,84	1	28 5,8 2	15 5,0 9	0,84	1
Mástil de elevación	15	6,44	69 ,4 8	1,42	1	28 0,4 3	16 5,3 8	1,19	1	28 0,4 3	16 5,3 8	1,19	1	28 5,8 2	15 5,0 9	1,30	1	28 5,8 2	15 5,0 9	1,30	1
Neumático s macizos	33	0,05	13 ,7 2	0,13	1	28 0,4 3	16 5,3 8	12,94	4	28 5,8 2	15 5,0 9	14,06	4	28 5,8 2	15 5,0 9	14,06	4	28 5,8 2	15 5,0 9	14,06	4

Anexo 11. Prueba de aleatoriedad para las variables demanda de la pieza motor Diésel ISUZU y demanda de la pieza Mástil de elevación

Prueba de corridas: Demanda motor

Estadísticas descriptivas

Número de observaciones			
N	K	$\leq K$	$> K$
12	19,75	5	7

$K = \text{media de la muestra}$

Prueba

Hipótesis nula H_0 : El orden de los datos es aleatorio

Hipótesis alterna H_1 : El orden de los datos no es aleatorio

Número de corridas		
Observado	Esperado	Valor p
4	6,83	0,077

Prueba de corridas: Demanda mástil

Estadísticas descriptivas

Número de observaciones			
N	K	$\leq K$	$> K$
12	15,3333	6	6

$K = \text{media de la muestra}$

Prueba

Hipótesis nula H_0 : El orden de los datos es aleatorio

Hipótesis alterna H_1 : El orden de los datos no es aleatorio

Número de corridas		
Observado	Esperado	Valor p
4	7,00	0,069

Anexo 12. Prueba de aleatoriedad para las variables demanda de la pieza neumáticos macizos y plazos de entrega

Prueba de corridas: Demanda_neumático

Estadísticas descriptivas

Número de observaciones			
N	K	$\leq K$	$> K$
12	33,4167	6	6

K= media de la muestra

Prueba

Hipótesis nula H_0 : El orden de los datos es aleatorio

Hipótesis alterna H_1 : El orden de los datos no es aleatorio

Número de corridas		
Observado	Esperado	Valor p
6	7,00	0,545

Prueba de corridas: Plazos_de_entrega

Estadísticas descriptivas

Número de observaciones			
N	K	$\leq K$	$> K$
5	2,468	4	1

K= media de la muestra

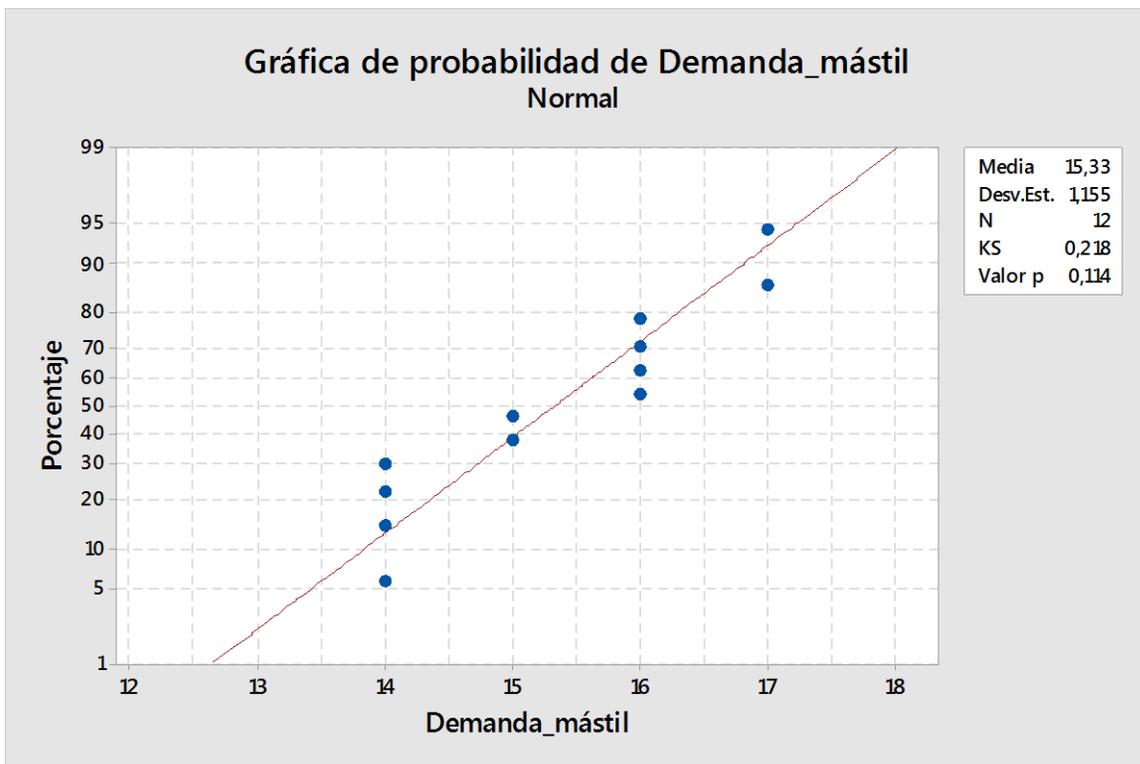
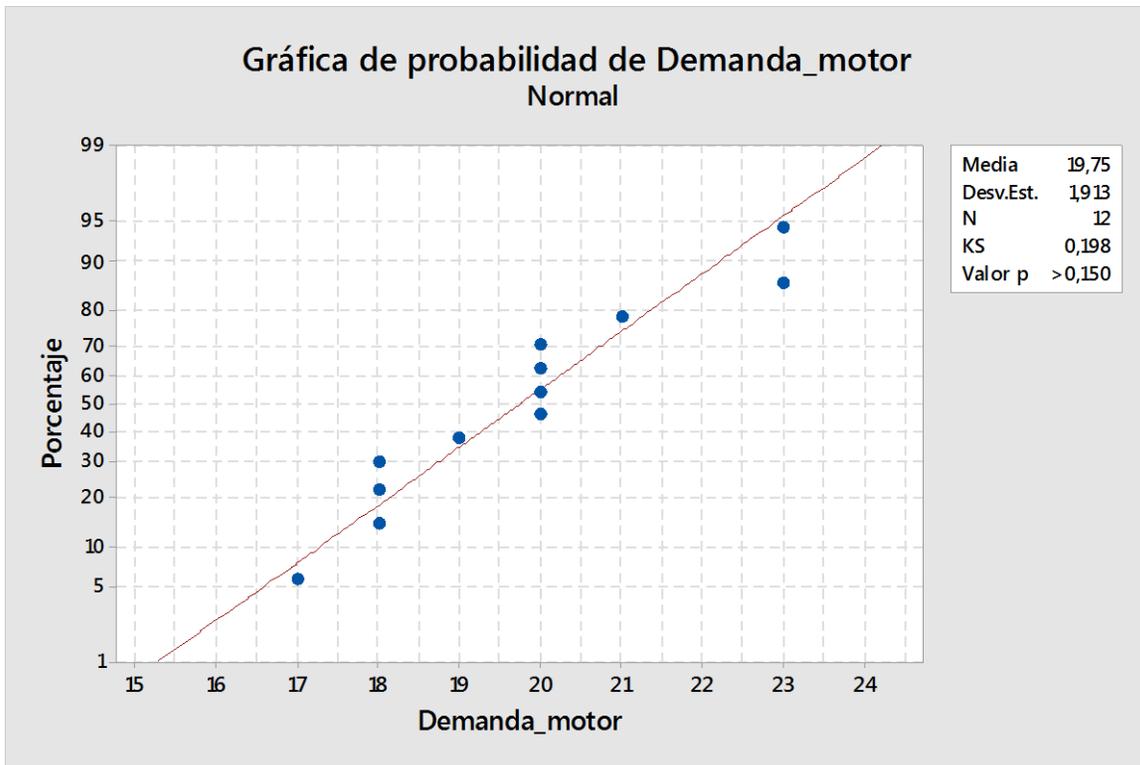
Prueba

Hipótesis nula H_0 : El orden de los datos es aleatorio

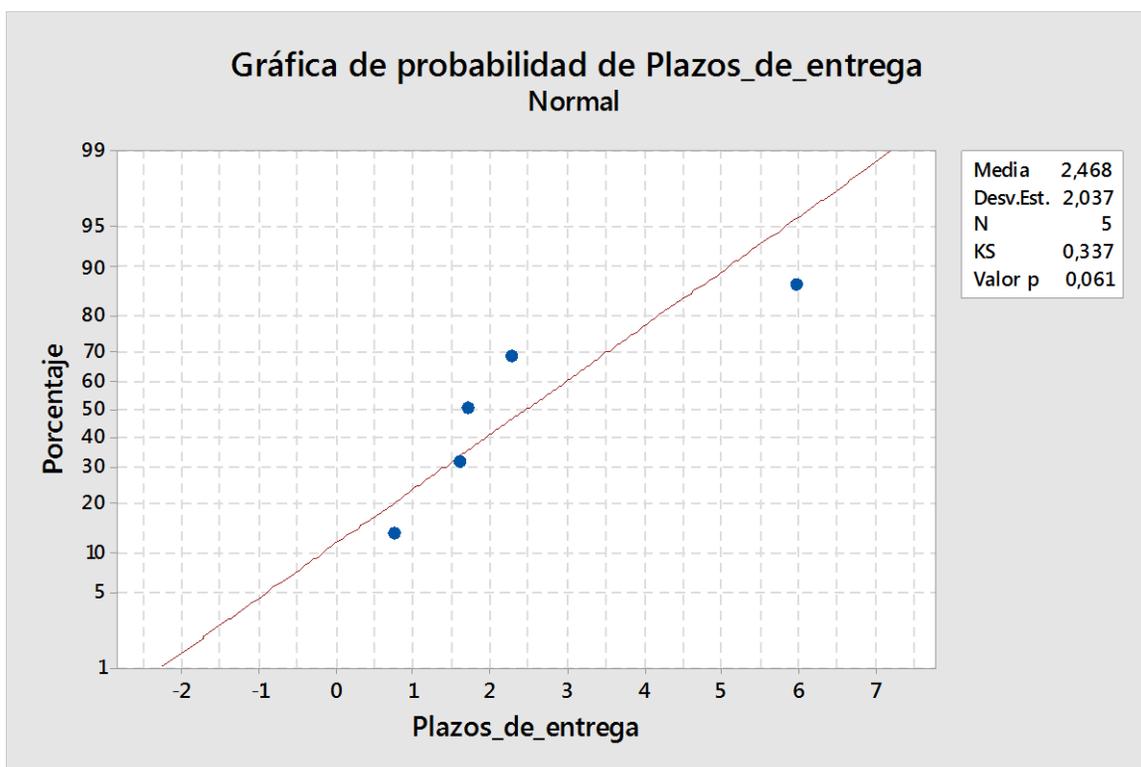
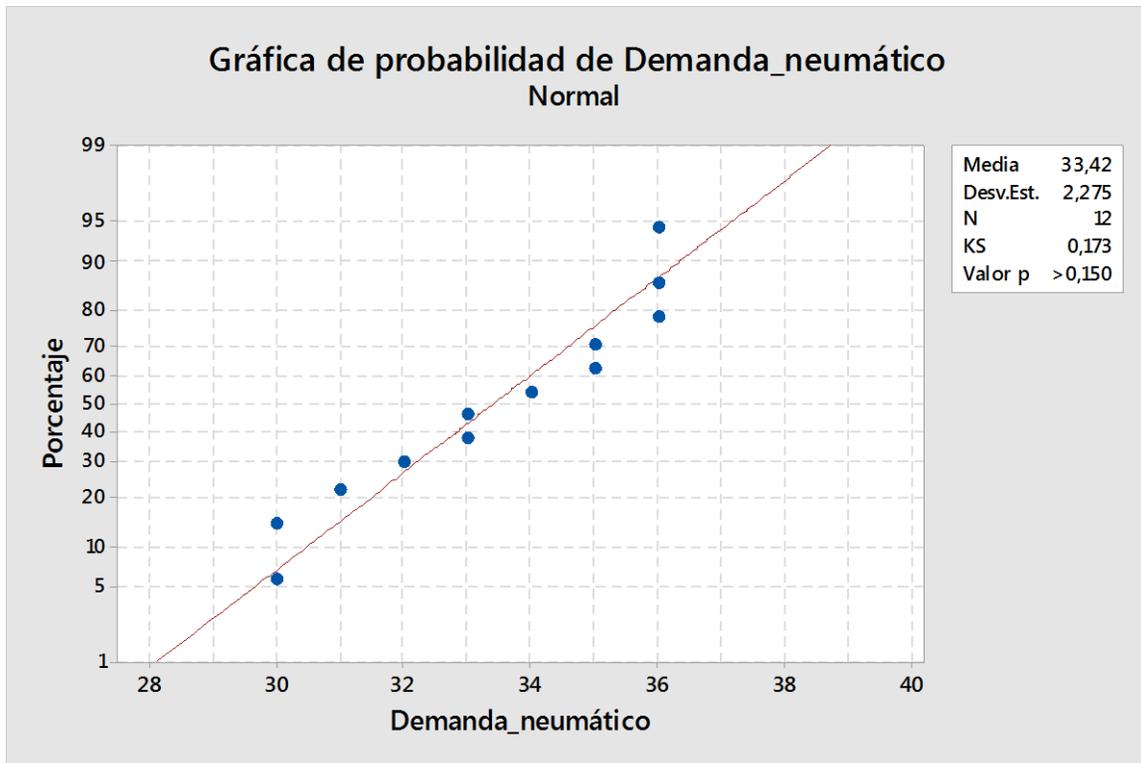
Hipótesis alterna H_1 : El orden de los datos no es aleatorio

Número de corridas		
Observado	Esperado	Valor p
3	2,60	0,414

Anexo 13: Prueba de normalidad de las variables: demanda de la pieza motor Diésel ISUZU y demanda de la pieza Mástil de elevación



Anexo 14: Prueba de normalidad de las variables: demanda de los neumáticos y plazos de entrega



Anexo 15: Resultados de las pruebas estadísticas para validar la muestra seleccionada de réplicas

Análisis de regresión para los Motores: NSC (%) vs. S´

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	12306,3	12306,3	41,70	0,000
S´	1	12306,3	12306,3	41,70	0,000
Error	13	3836,6	295,1		
Falta de ajuste	8	3836,6	479,6		
Error puro	5	0,0	0,0		
Total	14	16142,9			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
17,1790	76,23%	74,41%	56,18%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	22,59	4,68	4,82	0,000	
S´	1,120	0,173	6,46	0,000	1,00

Ecuación de regresión

$$\text{NSC (\%)} = 22,59 + 1,120 S´$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	NSC (%)	Ajuste	Resid.	Resid. est.		
5	100,00	108,70	-8,70	-1,17		X
13	92,86	42,17	50,68	3,17	R	

Residuo grande R

X poco común X

Anexo 16: Resultados de las pruebas estadísticas para validar la muestra seleccionada de réplicas

Análisis de regresión para el mástil: NSC (%)_1 vs. S´_1

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	8393,69	8393,69	116,13	0,000
S´_1	1	8393,69	8393,69	116,13	0,000
Error	13	939,64	72,28		
Falta de ajuste	6	939,64	156,61		
Error puro	7	0,00	0,00		
Total	14	9333,33			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
8,50176	89,93%	89,16%	0,00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	19,04	2,48	7,69	0,000	
S´_1	1,237	0,115	10,78	0,000	1,00

Ecuación de regresión

$$\text{NSC (\%)}_1 = 19,04 + 1,237 \text{ S´}_1$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	NSC (%)_1	Ajuste	Resid	Resid est.		
5	100,00	90,60	9,40	3,61	R	X

Residuo grande R

X poco común X

Anexo 17: Resultados de las pruebas estadísticas para validar la muestra seleccionada de réplicas

Análisis de regresión para los neumáticos: NSC (%)_2 vs. S´_2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	8148,94	8148,94	89,44	0,000
S´_2	1	8148,94	8148,94	89,44	0,000
Error	13	1184,39	91,11		
Falta de ajuste	9	1184,39	131,60		
Error puro	4	0,00	0,00		
Total	14	9333,33			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
9,54499	87,31%	86,33%	0,00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	18,04	2,74	6,58	0,000	
S´_2	0,5527	0,0584	9,46	0,000	1,00

Ecuación de regresión

$$\text{NSC (\%)}_2 = 18,04 + 0,5527 \text{ S´}_2$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	NSC (%)_2	Ajuste	Resid	Resid est.		
5	100,00	88,16	11,84	3,61	R	X

Residuo grande R

X poco común X