

**ANÁLISIS Y MEJORAS DE LOS EQUIPOS DE MONTACARGAS DE LA  
EMPRESA MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA POR MEDIO DE LA  
SIMULACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS.**

**JOSE DARIO MANJARRES BARROS**

**CARLOS ALBERTO SUCCAR CASTILLO**

Monografía como requisito para obtener título de Ingeniero Industrial

**ASESOR**

**LUIS ERNERTO BLANCO RIVERO**

Ingeniero Industrial

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**CARTAGENA**

**2003**

**ANÁLISIS Y MEJORAS DE LOS EQUIPOS DE MONTACARGAS DE LA  
EMPRESA MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA POR MEDIO DE LA  
SIMULACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS.**

**JOSE DARIO MANJARRES BARROS  
CARLOS ALBERTO SUCCAR CASTILLO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
CARTAGENA  
2003**

## **ARTICULO 107**

La Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado, aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

## **Director del Proyecto**

Cartagena D.T., Noviembre 445 2002

Señores Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria

Comité de Evaluación de Proyectos

Facultad de Ingeniería Industrial

Respetados señores:

Por medio de la presente nos dirigimos a ustedes, con el objeto de presentarles a su consideración, estudio y aprobación de la monografía titulada ANÁLISIS Y MEJORAS DE LOS EQUIPOS DE MONTACARGAS DE LA EMPRESA MONTACARGAS CASTRO Y CIA LTDA POR MEDIO DE LA SIMULACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS como requisito para optar al título de Ingenieros Industriales.

Atentamente

---

José Darío Manjarrés Barros

---

Carlos Alberto Succar Castillo

## CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	1
1.GENERALIDADES DE LA EMPRESA MONTACARGAS CASTRO Y CIA LTDA.	3
1.1 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA	3
1.2 DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO	4
1.2.1. Razón de ser	5
1.2.2. Misión	5
1.2.3. Visión	5
1.2.4. Principios y valores institucionales	5
1.3 DIRECTRICES DE LA EMPRESA	6
1.4 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	8
1.5 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	10
2. SITUACIÓN EN ESTUDIO Y DIAGNOSTICO	11
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
2.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	13
2.2.1 Capacidades de Almacenamiento.	14
2.2.1.1 Capacidad de Almacenamiento de las Bodegas	14
2.2.1.1.1 Capacidad nominal – bodegas (Conglomerado)	21

2.2.1.2 Capacidad de Almacenamiento de las Zonas Externas	22
2.2.1.3 Capacidad nominal en toneladas para los diferentes tipos de supersacos.	28
2.2.2 Manejo de los equipos de montacargas	29
2.2.3 Distancia de las Líneas de Producción hasta las Zonas Externas de Almacenamiento .	32
2.2.4 Tiempos de las Líneas de Producción	33
2.3 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN	36
2.3.1 Capacidad utilizada (Eficiencia)	36
2.3.1.1 Diagnostico en la capacidad de almacenamiento dentro de las bodegas	39
2.3.2 Diagnostico en el manejo de los Montacargas	41
3. SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN EN ESTUDIO	46
3.1 PROCESO DE SIMULACIÓN	46
3.2 PLAN DE ESTUDIO	47
3.2.1. Objetivo de la simulación	48
3.2.2. Limitaciones de la simulación	48
3.2.3. Especificaciones del modelo	48
3.2.3.1 Alcance	48
3.2.3.2 Nivel de detalle	49
3.2.3.3 Grado de Exactitud	50
3.2.4. Planeación y definición del modelo	50
3.3 DEFINICION DEL SISTEMA	51

3.3.1. Determinación de la Información Requerida	51
3.4. Construcción del modelo	52
3.4.1 Locaciones	53
3.4.2. Entidades	55
3.4.3. Redes	56
3.4.4 Recursos	56
3.4.5 Atributos	57
3.4.6 Variables	58
3.5. EJECUCIÓN DE EXPERIMENTO	60
3.5.1 Análisis de los Resultados	60
3.6. PROPUESTAS DE MEJORA	67
3.6.1 Propuesta 1	67
3.6.1.1 Locaciones	68
3.6.1.2Redes	68
3.6.1.3 Atributos	68
3.6.2 Propuesta 2	72
3.6.2.1 Locaciones	73
3.6.2.2 Redes	73
3.6.2.3 Recursos	74
3.6.2.4 Atributos	74
3.6.3 Propuesta 3	77
3.6.3.1 Locaciones	77
3.6.3.2 Redes	78

3.6.3.3 Recursos	78
3.6.3.4 Atributos	79
3.7 ANALISIS COSTO/BENEFICIO	82
CONCLUSIÓN	85
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	88



## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Especificaciones de los equipos	8
Cuadro 2. Tipos de Empaque.	16
Cuadro 3. Capacidad Bodega 2 - EMPRESA: GEON ANDINA	16
Cuadro 4. Capacidad Bodega 3 - EMPRESA: GEON ANDINA	17
Cuadro 5. Capacidad Bodega 4 – EMPRESA PETCO	17
Cuadro 6. Capacidad Bodega 5- EMPRESA: PETCO	18
Cuadro 7. Capacidad Bodega 6 – EMPRESA: PETCO	19
Cuadro 8. Capacidad Bodega 7 (EMULSIÓN) – EMPRESA: PETCO	19
Cuadro 9. Capacidad Bodega 8- EMPRESA: PETCO	20
Cuadro 10. Capacidad Nominal Total Por Bodega	21
Cuadro 11. Capacidad Zona Carreteable (CT)	23
Cuadro 12. Capacidad Zona Anden (AN)	23
Cuadro 13. Capacidad Zona Vía Esfera (VE)	24
Cuadro 14. Capacidad Zona Vía Planta (VP)	24
Cuadro 15. Capacidad Zona Patio 3	25
Cuadro 16. Capacidad Zona Puente (PT)	25

Cuadro 17. Capacidad Zona Malla Propilco	25
Cuadro 18. Capacidad Zona Patio 4	26
Cuadro 19. Capacidad Zona Vía Bomba	26
Cuadro 20. Capacidad Zona Vía Álcalis	26
Cuadro 21. Capacidad Zona Báscula	27
Cuadro 22. Capacidad Total - Zonas Externas	27
Cuadro 23. Capacidad en Toneladas por Tipos de Supersacos	29
Cuadro 24. Distancias Entre las Líneas de Producción y Zonas Externas de Almacenamiento	33
Cuadro 25. Tiempos Líneas de Producción	34
Cuadro 26. Eficiencias de las Bodegas en Toneladas	38
Cuadro 27. Relación de Productos Almacenados por Bodega	39
Cuadro 28. Distribuciones Líneas de Producción	49
Cuadro 29. Estado de las Líneas de Producción	61
Cuadro 30. Resultado de las Variables de Medición	62
Cuadro 31. Distancias Vs Toneladas Transportadas	64
Cuadro 32. Estado de las Líneas de Producción Propuesta 1	69
Cuadro 33. Resultados de las Variables de Medición Propuesta 1	70
Cuadro 34. Toneladas Transportadas Modelo Actual Vs Modelo Propuesto	71
Cuadro 35. Distancia Recorrida Modelo Actual Vs Modelo Propuesto	72
Cuadro 36. Resultados de las Variables de Medición Propuesta 2	76
Cuadro 37. Comparación de Indicadores Modelo Actual Vs Propuesta 2	76
Cuadro 38. Resultado de las variables de medición Propuesta 3	79



## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Recolección de Información análisis de Almacenamiento PETCO S.A	87
ANEXO B. Relación Toneladas Transportada – Recorrido Recolección de Información. Análisis de Almacenamiento PETCO S.A.	88
ANEXO C. Información Referente al Diseño Operacional de los Montacargas	89

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la Empresa	10
Figura 2. Capacidad Nominal en Toneladas Por Bodegas	22
Figura 3. Capacidad de Almacenamiento Zonas Externas	28
Figura 4 Forma de Almacenamiento1	40
Figura 5 Forma de Almacenamiento2	40
Figura 6 Forma de Almacenamiento3	41
Figura 7. Planeación y Recolección de la Información	51
Figura 8. Distancias Vs Toneladas Transportadas	66

## INTRODUCCIÓN

La simulación es una herramienta básica para las organizaciones, ya que permite representar un sistema real a partir de unos modelos dados y a la vez se convierte en un poderoso instrumento que disminuye el riesgo de falla en el montaje y operación de un negocio.

La simulación se basa en la experimentación y, por ende, exige un método para su elaboración. Este método comienza con la definición del problema, que entraña la especificación de objetivos y la identificación de las variables pertinentes controlables del sistema que se va a estudiar; esta conlleva al conocimiento de la realidad con sus dificultades propias, lo cual tiene un impacto en el análisis de los resultados. El segundo paso es la modelación de la realidad, aquí entramos en el diseño de la realidad teniendo en cuenta todos los parámetros, variables restricciones, factores de decisión, medición, entre otros. El tercer paso y más importante cuando se realiza simulación consiste en la evaluación y el análisis de los resultados. Esto dependerá del modelo del sistema real y del adiestramiento del investigador para que su conclusión guarde proporción con el objetivo de la simulación.

El proceso de Simulación seleccionado en nuestra monografía consiste básicamente en la representación del manejo de los equipos de montacargas de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, dentro de la planta de producción PETCO S.A. Para llevar a cabo este proceso fue necesario tener una imagen mental de todos los elementos que interactúan dentro del proceso de la

Movilización de los productos terminados (estibas, BB), lo cual en nuestro caso permitirá a través de la simulación obtener un diagnóstico de los equipos de montacargas.

El objetivo que se quiere alcanzar en el siguiente trabajo está basado en el siguiente objetivo general:

- Optimizar los equipos de montacargas de la empresa MONTACARGAS CASTRO Y CIA LTDA. en la ejecución del proceso de almacenamiento y despacho realizados en la empresa PETCO S.A. en las zonas destinadas para este fin, determinando, analizando y brindando soluciones que hagan de estos equipos recursos más eficientes.

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

1. Conocer y analizar el entorno de la empresa MONTACARGAS CASTRO CIA LTDA.
2. Estudiar, analizar y diagnosticar la labor realizada por la empresa MONTACARGAS CASTRO CIA LTDA en la empresa PETCO S.A.
3. Simular la situación actual de la empresa MONTACARGAS CASTRO CIA LTDA EN PETCO S.A. y proponer mejoras para un mejor desempeño de los equipos de montacarga.

## **1.GENERALIDADES DE LA EMPRESA MONTACARGAS CASTRO Y CIA LTDA.**

### **1.1 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA**

La empresa MONTACARGAS CASTROS & CIA LTDA, se inicio en el año de 1990 con la sociedad denominada Equipos Porvenir, donde su propietario actual, el señor GERARDO CASTRO y su hermano el señor ARIEL CASTRO constituyeron esta última sociedad, que para esa época dominaba el mercado del servicio de alquiler de montacargas en las empresas que tenían la necesidad de movilizar y manipular carga.

Ya en 1995, uno de los propietarios de la sociedad Equipos Porvenir, el señor Gerardo Castro decide separar la sociedad para constituir el mismo su propia empresa denominada EQUIPORT LTDA, la cual se ubico en el sector del Bosque de la ciudad de Cartagena y que contaba con un equipo formado por 10 empleados, 5 en la parte administrativa y 5 en la parte operativa de la empresa, en cuanto a los equipos la empresa contaba con 8 equipos de Montacargas (2 con capacidad de 7.5 toneladas y 6 con capacidad de 2.5 toneladas) y su actividad se concentraba básicamente en la prestación de servicios como operadores portuarios, donde su principal cliente era La Sociedad Portuaria Regional de Cartagena, en esta empresa, EQUIPORT LTDA adquirió un gran reconocimiento por la calidad en la prestación de sus Servicios, representado la capacidad de sus equipos. Otros clientes importantes a los cuales la empresa se vinculo, eran Biofil, Colklinquer, Dexton, entre otros.



Durante la gestión que el señor Gerardo Castro desarrollo en la empresa EQUIPORT LTDA, se destaca la adquisición de 6 quipos de Montacargas más, de los cuales 4 fueron por el sistema de Leasing Surameric y 2 adquiridos por compra directa a la empresa Serinco.

En Mayo de 2001, la empresa decide cambiar su razón social por MONTACARGAS CASTRO & CIA, decisión que va acompañada de la adquisición de 18 equipos de Montacargas a través de la empresa PETCO S.A., con la que actualmente concentra su mayor fuerza de trabajo, demostrada por el número de equipos con los que cuenta el área de producción y despacho de dicha planta de producción. En la actualidad, MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, se encuentra ubicada en el kilómetro 12 de la vía Mamonal y cuenta con 27 Montacargas, donde sus principales clientes son: PECTO S.A., Cabot de Colombia y la empresa Modalservi.

## **1.2 DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO**

En MONTACARGAS CASTRO & CIA LTA, trabajamos para usted procurando la máxima calidad en nuestros servicios. Por eso, nuestros equipos de Montacargas se encuentra bajo las especificaciones técnicas que los clientes demandan para la óptima movilización de su carga, además manejado por personal específicamente adiestrado para obtener el máximo rendimiento y eficacia en la ejecución de nuestros trabajos.

La profesionalidad y buen el servicio, son garantías que ofrece nuestra empresa, y que avalan nuestra trayectoria en busca de la calidad total, la satisfacción de nuestros clientes y el trabajo bien hecho a través de todos nuestros dispositivos mecánicos (montacargas) empleado para el movimiento de suministros, materiales o productos terminados, es nuestro compromiso con ustedes.

**1.2.1. Razón de ser:** Prestar los servicios relacionados con la Movilización de Carga.

**1.2.2. Misión:** Mantenerse como una de las empresas líderes en la ciudad de Cartagena en la prestación de servicios de montacargas, para las diferentes necesidades que demanden nuestros clientes en la movilización y manipulación de carga, de manera que se puedan satisfacer integralmente las necesidades de nuestros clientes.

**1.2.3. Visión:** Lograr que los clientes actuales y potenciales prefieran a la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA entre todas las compañías que prestan el servicio de Montacargas, de manera que logremos ser siempre los primeros en el mercado de las empresas destinadas a la movilización de carga.

**1.2.4. Principios y valores institucionales:** Los principios y valores institucionales son las directrices que deben tener en cuenta cada uno de nuestros empleados durante la realización de sus funciones, tanto administrativas como operativas, las cuales obedecen la más estricta ética en la realización de operaciones.

El servicio que presta MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, representa una actitud basada en valores y creencias sobre sí mismo, sobre las personas, y la labor que desarrolla y que los lleva a colaborar con entusiasmo y orgullo.

Por lo anterior, SERVIR es un arte en el cual son artistas aquellos que están dispuestos a crecer junto con otros y a construir un presente y un futuro con el cimiento mas fuerte que puede existir: los VALORES.

Estos principios y valores son los mejores aliados para MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA para seguir avanzando por la ruta del crecimiento hacia el servicio; la ruta del crecimiento que marca el futuro de la empresa. Seguir avanzando es la meta para encontrar en el servicio de nuestros Montacargas un tesoro para la Compañía y una valiosa oportunidad para todos los integrantes de nuestro equipo operativo y administrativo.

### **1.3 DIRECTRICES DE LA EMPRESA**

- ✓ **Orientación a los Clientes:** Satisfacer las necesidades de nuestros clientes de manera consistente y oportuna, de manera que encuentren en nuestros Equipos de Montacargas recursos necesarios para la consecución de sus actividades.
- ✓ **Orientación a resultados y eficiencia** es el objetivo primordial de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, buscando siempre la optimización en los costos y flexibilidad en las operaciones, pero siempre guiados por nuestra visión, misión y valores.

- ✓ **Innovación:** Tenemos una actitud proactiva ante la generación de nuevas tecnologías representada en la adquisición de nuevos equipos de montacargas, con el objeto de brindar a nuestros clientes lo mas avanzado en materia de recursos que le brinden a su carga la mayor seguridad posible.
- ✓ **Trabajo en equipo:** Fomentar la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes es una de las primicias de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, donde el equipo administrativo y operativo de la empresa se entiendan de manera que exista Sinergia.
- ✓ **Reconocimiento continuo al logro y la excelencia:** Fomentamos y reconocemos constantemente entre nuestros trabajadores la orientación al logro, demostrado continuamente con la comunicación que debe existir en el los empleados y sus jefes directos.
- ✓ **Oportunidades de empleo sin distinción:** Proveemos oportunidades de empleo en igualdad de condiciones, especialmente en aquellas personas que encuentre del manejo de los equipos de montacargas una labor especial, ya que son ellos los directamente involucrados en la satisfacción que encuentren nuestros clientes en el manejo de sus cargas.
- ✓ **Integridad y Civismo:** Exhibimos una actitud consistente ética, honesta, responsable, equitativa y proactiva hacia nuestro trabajo y hacia la sociedad en la cual nos desenvolvemos.
- ✓ **Relaciones de mutuo beneficio con las partes interesadas:** Buscamos el beneficio común en nuestras relaciones con las partes interesadas del negocio.

#### **1.4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

La empresa MONTACAGAS CASTRO & CIA LTDA, tiene como actividad fundamental la prestación del servicio de equipos de montacargas, con el fin de cubrir la necesidad que tienen las compañías de movilizar sus cargas, las cuales posee ciertas características, dependiendo de esto la empresa dispone de los equipos que se ajusten a las necesidades de sus cliente. La compañía actualmente en movilización de carga se especializa en:

- ✓ Trabajo portuario, en esta especialidad la empresa cuenta con la experiencia, el conocimiento y el equipo necesario para trabajar dentro de los puertos del país. Lo anterior lo demuestra la experiencia adquirida por mucho tiempo en los trabajos realizados en la Sociedad Portuaria Regional Cartagena.
- ✓ En la movilización de cargas en empresas de Producción donde sus productos terminados y materias primas se caracterizan por estas conformados por Estibas, de manera que los equipos de montacargas puedan llevar a cabo su función de movilización adecuadamente.

En cuanto a los equipos de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, actualmente la compañía posee 27 equipos de montacargas discriminados de la siguiente manera (ver cuadro 1 Especificaciones de los Equipos):

**Cuadro 1. Especificaciones de los equipos**

<b>EQUIPO (MARCA)</b>	<b>NUMERO DE EQUIPOS</b>	<b>CAPACIDAD (TON)</b>
Nissan	8	2.5
Yale	2	2.5

Clark	2	2.5
Toyota	12	2.5
Yale	1	3.0
Nissan	1	6.0
Nissan	1	7.0
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	

Actualmente la compañía tiene concentrada su fuerza laboral en la prestación de sus servicios a las empresas Cabot de Colombia, Modalservi y PETCO S.A, y los equipos asignados son 4,2 y 14 respectivamente.

Como se puede observar el mayor numero de equipos se encuentran trabajando en la planta de producción PETCO S.A, en esta la empresa MONTACARGAS CASTRO presta los siguientes servicios con sus equipos:

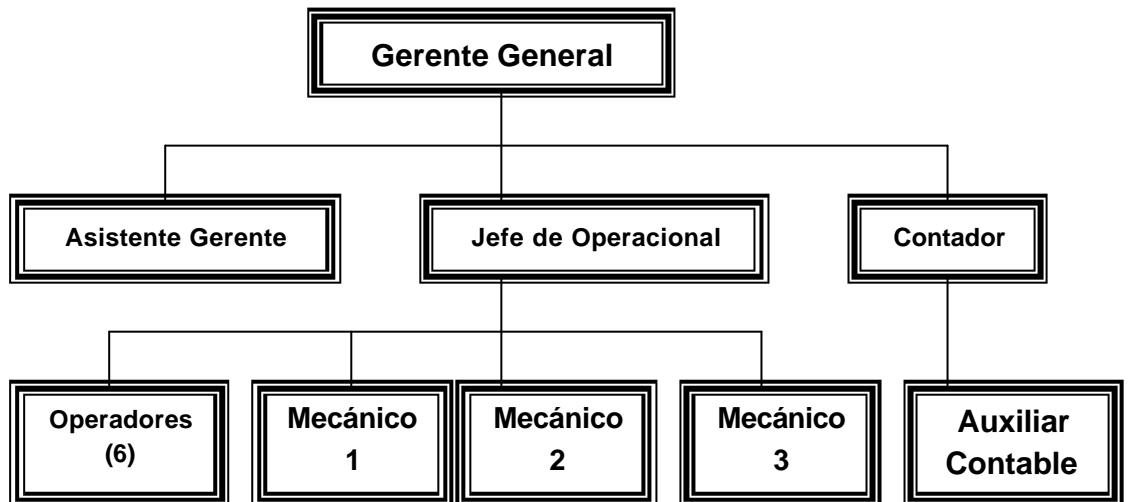
- ✓ Transporte de los productos terminados (Estibas de P.V.C de 40, 45, 50, o 65 Bolsas) desde las líneas de producción (PK-1K, PK-2K, PK-3K, PK-4K, PK-12K y PK-13K) hasta la zona de almacenamiento de productos terminados (bodegas 2,3,4,5,6,7 y 8 y las zonas externas: patio 8, patio 9, carreteable, anden, vía esfera, vía planta, silos, patio 3, puente y malla PROPILCO).
- ✓ La función de Despacho de los productos terminados, desde su zona de almacenamiento hasta las respectivas zonas de despacho (plataformas 1, 2, 3 y áreas externas destinadas para el despacho), con su respectivo cargue hasta

los camiones donde se almacena el producto terminado a ser entregado a los clientes.

- ✓ La función de transporte de ciertas materias primas, desde las zonas de recepción de dichos productos, hasta las respectivas áreas de almacenamiento (Bodega 6, entre otras).

### 1.5. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

Figura 1. Organigrama de la Empresa



## 2. SITUACIÓN EN ESTUDIO Y DIAGNOSTICO

### 2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la empresa MONTACARGAS CASTRO Y CIA LTDA tiene un contrato con la empresa PETCO S.A., por concepto del alquiler de equipos de montacargas. Este contrato consiste básicamente en la movilización de productos terminados y materias primas dentro de las instalaciones de la empresa mencionada anteriormente.

La empresa MONTACARGAS CASTRO Y CIA LTDA desarrolla esta labor en PETCO S.A. con el suministro de 14 equipos de Montacargas, de los cuales 4 están destinados al área de Producción, 4 a las funciones de despacho, los restantes cumplen otras funciones.

De acuerdo con la información anterior, la Gerencia de la Empresa y su departamento técnico han detectado que durante un corto lapso de tiempo sus equipos de Montacargas (que prestan sus servicios en PETCO S.A.) han presentado un gran número de inconvenientes, como lo son:

- Desgaste prematuro en las llantas. El consumo de llantas excesivo es generalmente una indicación de sobrecarga.
- Excesivo consumo de combustible.
- Desgastes en rodamientos, balineras, acoples rígidos, etc., debido a largas distancias recorridas con su máxima capacidad de carga.



Sumado a los puntos anteriores, la Empresa MONTCARGAS CASTRO & CIA LTDA ha detectado la situación que presenta la compañía PETCO S.A. actualmente, en lo relacionado a las nuevas Zonas que se han dispuesto para almacenar los productos terminados. Dichas zonas se encuentran mas alejadas de las líneas de producción, lo que ocasiona que los montacargas recorran mayores distancias. Teniendo en cuenta lo anterior, la empresa, muestra su preocupación por el rendimiento y buen uso de sus equipos, ya que ellos manifiestan que todos los montacargas están diseñados para transportar una carga especifica con un factor de seguridad calculado, en distancias razonables y que cualquier sobrecarga o exceso de uno de estos términos tiene como resultado deformaciones y esfuerzos adicionales, que a su vez conducen a una falla prematura de los componentes. La falla prematura produce costos de mantenimiento excesivos. El tiempo ahorrado por sobrecargas en un montacargas nunca se puede justificar debido a lo excesivo de su costo y por último consideran que otro factor de suma importancia es la operación descuidada, pues esta puede causar muchos daños, dejar caer las cargas, golpear los andenes, los patinazos o golpes contra topes, contribuyen a aumentar los costos de mantenimiento. Además es indispensable evitar el patinamiento de las llantas pues esto contribuye al deterioro de las mismas.

De acuerdo con lo anterior, la empresa ha manifestado su interés por realizar un estudio que le permita determinar la eficiencia de sus equipos dentro de la planta de PETCO S.A. donde se relacionen aspectos como: las distancias recorridas, los tiempos empleados, las cargas transportadas y permitan de esta forma, obtener

un diagnóstico del manejo que tienen los montacargas y bajo la información que se obtenga se toman las correcciones necesarias para hacer del recurso un factor realmente eficiente para la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA y para PETCO S.A.

## **2.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

El procedimiento llevado a cabo para la ejecución de dicho proceso, consistió básicamente en encontrar e identificar las diferentes fuentes de información dentro de la planta de producción PETCO S.A. y la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA, con el objeto de tener una visión clara del problema que ocurre con los equipos de montacargas y a su vez obtener las bases para la construcción del modelo de simulación. La información recolectada consistió en los siguientes aspectos:

- La capacidad de almacenamiento de las bodegas que tiene la empresa PETCO S.A. para almacenar los productos terminados, con el fin de conocer como se están manejando y utilizando dichas áreas por parte de la planta, ya que esto a su vez contribuye directamente al rendimiento de los equipos, puesto que su movilización (desplazamiento) depende directamente de la disposición que tenga para almacenar. Así mismo, las capacidades que poseen las zonas externas de almacenamiento, en donde los equipos actualmente están almacenando los productos terminados de la planta de producción PETCO S.A.

- Información referente al manejo que reciben los equipos (montacargas), de manera que se puedan conocer aspectos como: las distancias que recorren (rutas), los tiempos que emplean en la asignación de sus funciones, el tipo de carga que transportan, entre otros aspectos.
- Las distancia de las Líneas de Producción hasta las Zonas Externas de Almacenamiento. Para esta información se tomaron las distancias promedio desde las líneas de producción hasta las diferentes zonas de almacenamiento. Estas se tomaron con el fin de observar la distancia promedio recorrida por cada montacargas al momento de almacenar el producto, además brinda información importante para determinar la eficiencia con la que se esta utilizando el equipo.
- Los tiempos de las Líneas de Producción. Estos son tomados como dato adicional para la realización del modelo de simulación, esto debido al bloqueo existente al final de cada línea de producción debido a la demora presentada por cada montacarga cuando se dirige a almacenar el producto.

## **2.2.1 Capacidades de Almacenamiento.**

**2.2.1.1 Capacidad de Almacenamiento de las Bodegas:** Para determinar la capacidad de almacenamiento que posee la empresa PETCO S.A., se tomaron las bodegas que la planta posee para realizar tal actividad, estas son la Bodegas 2,3,4,5,6,7 y 8 y las zonas externas que son: Vía Bomba, Báscula, Vía Alcalis, carreteable, andén, vía esfera, vía planta, patio 3, puente, malla PROPILCO y patio 4, usadas para almacenar los productos terminados.

El estudio que fue realizado en la empresa PETCO S.A., para determinar dichas capacidades, y cuyo análisis se enfocó con en el fin de obtener un diagnóstico adecuado sobre el manejo que reciben los zonas de almacenamiento, de manera que se puedan conocer aspectos como la capacidad nominal, la capacidad real y de esta forma obtener un diagnóstico adecuado de las zonas utilizadas para almacenar los productos terminados.

Para él calculo de la CAPACIDAD NOMINAL en toneladas, el procedimiento fue el siguiente:

- En cada una de las bodegas y zonas externas de la planta, se identificaron las zonas de almacenamiento, las cuales se encuentran delimitadas por una franja amarilla y están codificadas mediante un sistema de nomenclatura.
- A cada zona de almacenamiento se le calculó su capacidad nominal en toneladas, teniendo en cuenta las tres dimensiones que componen el volumen de almacenamiento (ancho x largo x alto).
- La capacidad nominal en toneladas se calculo teniendo en cuenta diferentes aspectos, estos se especifican en los cuadros 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.
  - En cuanto a la altura permisible en el almacenamiento dentro de las bodegas, se consideraron arrumenes de tres (3) estibas.
  - La capacidad nominal se determina con relación a los diferentes tipos de empaque, los cuales se relacionan en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Tipos de Empaque.**

<b>TIPO DE EMPAQUE</b>	<b>PESO (TON)</b>
40 Bolsas de 25 Kgrs	1.000
45 Bolsas de 25 Kgrs	1.125
50 Bolsas de 25 Kgrs	1.250

**Cuadro 3. Capacidad Bodega 2 - EMPRESA: GEON ANDINA**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 40</b>	<b>CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 45</b>	<b>CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 50</b>
201 A 213	1 X 5 X 3	195.000	219.375	243.750
217 A 232	1 X 5 X 3	240.000	270.000	300.000
233 A 248	1 X 5 X 3	240.000	270.000	300.000
249 A 258	1 X 3 X 3	90.000	101.250	112.500
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>765.000</b>	<b>860.625</b>	<b>956.250</b>

**OBSERVACIONES:**

- Las zonas de almacenamiento comprendidas entre el rango de 214 a 216, esta ocupada por la tolva.
- Las zonas de almacenamiento comprendidas entre el rango de 259 a 262, corresponden al área de materias primas extrusora.
- Las zonas de almacenamiento comprendidas entre el rango de 263 a 264, corresponden al área de producto no conforme.

**Cuadro 4. Capacidad Bodega 3 - EMPRESA: GEON ANDINA**

ZONA DE ALMACENAMIENTO	VOLUMEN DE CAPACIDAD	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 40	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 45	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 50
301 A 304	1 X 4 X 3	48.000	54.000	60.000
305 A 318	1 X 5 X 3	210.000	236.250	262.500
319 A 336	1 X 5 X 3	270.000	303.750	337.500
337 A 354	1 X 5 X 3	270.000	303.750	337.500
355 A 360	1 X 5 X 3	90.000	101.250	112.500
361 A 368	1 X 4 X 3	96.000	108.000	120.000
369 A 372	1 X 6 X 2	48.000	54.000	60.000
377 A 383	1 X 6 X 3	126.000	141.750	157.500
384 A 391	1 X 8 X 3	192.000	216.000	240.000
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>1350.000</b>	<b>1518.750</b>	<b>1687.500</b>

**Cuadro 5. Capacidad Bodega 4 – EMPRESA PETCO**

ZONA DE ALMACENAMIENTO	VOLUMEN DE CAPACIDAD	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 40	CAPACIDAD – TON ESTIBAS DE 45	CAPACIDAD – TON ESTIBAS DE 50
401 A 404	1 X 8 X 3	96.000	108.000	120.000
405 A 412	1 X 10 X 3	240.000	270.000	300.000
423 A 428	1 X 10 X 3	180.000	202.500	225.000
429 A 438	1 X 5 X 3	150.000	168.750	187.500
439 A 444	1 X 5 X 3	90.000	101.250	112.500
445 A 454	1 X 5 X 3	150.000	168.750	187.500

455 A 462	1 X 5 X 3	120.000	135.000	150.000
463	1 X 4 X 3	12.000	13.500	15.000
464	1 X 11 X 3	33.000	37.125	41.250
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>1071.000</b>	<b>1204.875</b>	<b>1338.750</b>

**OBSERVACIONES:**

- Las zonas de almacenamiento 405 y 406, las cuales tienen una capacidad de almacenamiento de 60 Toneladas, no aparecen delimitadas en el plano y deben ser tenidas en cuenta, ya que dentro de la bodega # 4 si se encuentran como espacios autorizados para almacenar.
- Las zonas de almacenamiento 411 y 412 aparecen marcadas en la bodega #4 como “zona de bolsas rotas”, dichas zonas en la actualidad son utilizadas para el almacenamiento de productos terminados en óptimas condiciones.
- Las zonas 428 y 444 no aparecen referenciadas en el plano, contrario a lo que se presenta dentro de la bodega #4, ya que son áreas disponibles para almacenar.

**Cuadro 6. Capacidad Bodega 5- EMPRESA: PETCO**

ZONA DE ALMACENAMIENTO	VOLUMEN DE CAPACIDAD	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 40	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 45	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 50
501 A 527	1 X 11 X 3	891.000	1002.375	1113.750
528 A 554	1 X 11 X 3	891.000	1002.375	1113.750

555 A 565	1 X 5 X 3	165.000	202.500	225.000
566	1 X 2 X 3	6.000	6.750	7.500
567 A 582	1 X 5 X 3	240.000	270.000	300.000
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>2193.000</b>	<b>2484.000</b>	<b>2760.000</b>

**OBSERVACIONES:**

- Las zonas de almacenamiento comprendidas entre los rangos: 555 a 558 y 579 a 582, no aparecen referenciadas en el plano como zonas disponibles para almacenar, lo cual es incorrecto ya en la bodega #5, dichas zonas se encuentran autorizadas para tal fin.

**Cuadro 7. Capacidad Bodega 6 – EMPRESA: PETCO**

ZONA DE ALMACENAMIENTO	VOLUMEN DE CAPACIDAD	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 40	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 45	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 50
601 A 623	1 X 11 X 3	759.000	853.875	948.750
624 A 627	1 X 5 X 3	60.000	67.500	75.000
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>819.000</b>	<b>921.375</b>	<b>1023.750</b>

**Cuadro 8. Capacidad Bodega 7 (EMULSIÓN) – EMPRESA: PETCO**

ZONA DE ALMACENAMIENTO	VOLUMEN DE CAPACIDAD	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 50	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 55
701 A 720	1 X 10 X 2	500.000	550.000
721 A 738	1 X 4 X 2	180.000	198.000



739 A 742	1 X 9 X 2	90.000	99.000
743 A 750	1 X 10 X 2	200.000	220.000
751 A 758	1 X 11 X 2	220.000	242.000
759 A 764	1 X 7 X 2	105.000	115.500
765 A 780	1 X 11 X 2	440.000	484.000
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>1735.000</b>	<b>1908.500</b>

**Cuadro 9. Capacidad Bodega 8- EMPRESA: PETCO**

ZONA DE ALAMCENAMIENTO	VOLUMEN DE CAPACIDAD	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 40	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 45	CAPACIDAD TON ESTIBAS DE 50
8003 A 8058	2 X 9 X 3	3024.000	3402.000	3780.000
8059	1 X 9 X 3	27.000	30.375	33.750
8063 A 8086	2 X 7 X 3	1008.000	1134.000	1260.000
8088 A 8115	2 X 7 X 3	1176.000	1323.000	1470.000
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>5235.000</b>	<b>5889.375</b>	<b>6543.750</b>

**OBSERVACIONES:**

- En las zonas de almacenamiento 8001 y 8002 se encuentra ubicada la tolva 12 K.
- En las zonas de almacenamiento 8060, 8061 y 8062 se encuentra ubicada la tolva 13 K.
- La zona 8087 es utilizada como pasillo.

- En las zonas de almacenamiento 8116 y 8117 se encuentran ubicadas las oficinas de auxiliar de bodega.

**2.2.1.1.1 Capacidad nominal – bodegas (Conglomerado):** Teniendo en cuenta los cuadros anteriores, donde se mostraban las diferentes capacidades de almacenamiento según el tipo de empaque a utilizar (estibas de 40, 45, 50 y 55) dentro del área de productos terminados, se han considerado las siguientes capacidades nominales permisibles por bodega (ver cuadro 10. Capacidad Nominal Total por Bodega).

**Cuadro 10. Capacidad Nominal Total Por Bodega**

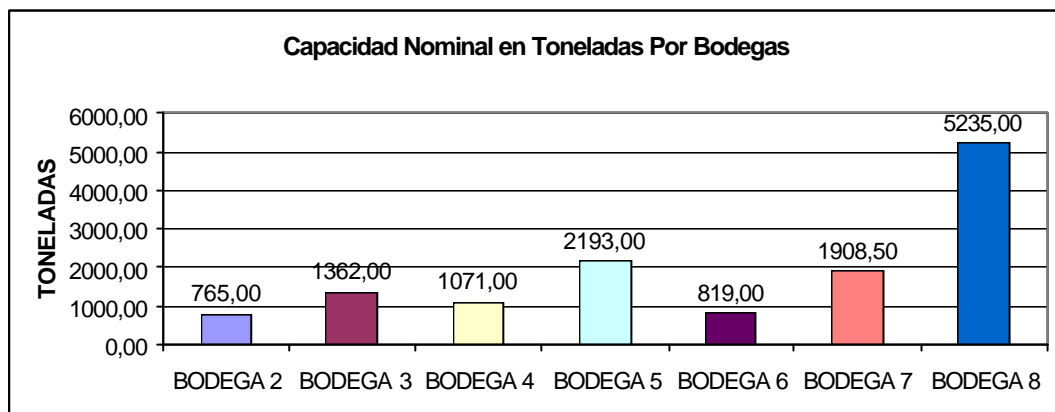
<b>BODEGA</b>	<b>CAPACIDAD TOTAL (TON)</b>	<b>PARTIPACION (%)</b>	<b>TIPO DE EMPAQUE</b>
2	765.00	5.73	ESTIBA DE 40
3	1350.00	10.12	ESTIBA DE 40
4	1071.00	8.03	ESTIBA DE 40
5	2193.00	16.44	ESTIBA DE 40
6	819.00	6.14	ESTIBA DE 40
7	1908.50	14.30	ESTIBA DE 55
8	5235.00	39.24	ESTIBA DE 40
<b>TOTAL</b>	<b>13341.50</b>	<b>100.00</b>	

Como se puede ver en el cuadro anterior, las capacidades nominales de las bodegas 2, 3,4,5,6 y 8, se determinaron teniendo en cuenta el tipo de empaque de

40 bolsas (estiba de 1 tonelada) y para la bodega 7, de 55 bolsas (estibas de 1.375 toneladas).

A continuación se ilustra en la capacidad nominal en toneladas de las bodegas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. (Ver figura 2 Capacidad Nominal en Toneladas Por Bodega.)

**Figura 2. Capacidad Nominal en Toneladas Por Bodegas**



Para establecer dichas capacidades en cada una de las bodegas de productos terminados, se tuvieron en cuenta aspectos como: el factor seguridad. Este último se relaciona con la altura adecuada que debe tener los arrumenes (3 ESTIBAS POR ALTURA), de manera que tanto las maquinas, como los hombres (montacarguistas, coterros, personal de limpieza, etc.), puedan laborar en óptimas condiciones.

**2.2.1.2 Capacidad de Almacenamiento de las Zonas Externas:** Para él calculo de la capacidad Nominal, en cada una de las zonas externas autorizadas para el almacenamiento de productos terminados, se tuvieron en cuenta los siguientes

aspectos, Estos serán especificados en los cuadros 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21:

- ✓ La capacidad nominal fue calculada con base a estibas de 40 bolsas (1 ton).
- ✓ Se considero una altura permisible de dos (2) estibas para los arrumes.

Las zonas externas son las siguientes:

**Cuadro 11. Capacidad Zona Carreteable (CT)**

ZONA DE ALMACENAMIENTO	VOLUMEN DE CAPACIDAD	CAPACIDAD - EN TON
CT-0A01 A CT-0A18	2 X 2 X 5	360
CT-0A19 A CT-0A28	2 X 2 X 5	200
CT-0A29 A CT-0A32	1 X 2 X 5	40
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>600</b>

**Cuadro 12. Capacidad Zona Anden (AN)**

ZONA DE ALCENAMIENTO	VOLUMEN DE CAPACIDAD	CAPACIDAD - EN TON
AN-0A01 A AN-0A17	1 X 2 X 7	238
AN-0A18 A AN-0A29	1 X 2 X 7	204
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>442</b>

**Cuadro 13. Capacidad Zona Vía Esfera (VE)**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD - EN TON</b>
VE-AA01 A VE-AA28	5 X 2 X 2	560
VE-AA29	2 X 2 X 2	8
VE-BA01 A VE-BA16	5 X 2 X 2	320
VE-BA17	3 X 1 X 2	6
VE-BA18	1 X 1 X 2	2
VE-BA19	5 X 1 X 2	10
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>906</b>

**Cuadro 14. Capacidad Zona Vía Planta (VP)**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD - EN TON</b>
VP-AA01 A VP-AA14	5 X 2 X 2	280
VP-AA15 A VP-AA20	5 X 2 X 2	120
VP-BA02 A VP-BA21	5 X 2 X 2	400
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>800</b>

**Cuadro 15. Capacidad Zona Patio 3**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD EN TON</b>
P3-0A01 A P3-0A14	4 X 2 X 2	224
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>224</b>

**Cuadro 16. Capacidad Zona Puente (PT)**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD EN TON</b>
PT-AA01 A PT-AA06	5 X 2 X 2	120
PT-AA07 A PT-AA08	2 X 2 X 2	16
PT-BA01 A PT-BA08	5 X 2 X 2	180
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>316</b>

**Cuadro 17. Capacidad Zona Malla Propilco**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD EN TON</b>
01 A 05	5 X 2 X 2	100
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>100</b>

**Cuadro 18. Capacidad Zona Patio 4**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD - EN TON</b>
P4-OA01 A P4-OA02	2 X 5 X 3	60
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>60</b>

**Cuadro 19. Capacidad Zona Vía Bomba**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD - EN TON</b>
VB-OA01 A VB-OA16	2 X 5 X 2	320
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>320</b>

**Cuadro 20. Capacidad Zona Vía Alcalis**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD - EN TON</b>
VA-OA01 A VA-OA10	5 X 15	750
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>750</b>

**Cuadro 21. Capacidad Zona Báscula**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE CAPACIDAD</b>	<b>CAPACIDAD - EN TON</b>
B1-OA01 A B9-OA01	6 X 2 X 1	108
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>108</b>

A continuación se muestra el total de la capacidad nominal de cada bodega ubicada en las zonas de almacenamiento externas de la empresa. (ver cuadro 22. Capacidad Total).

**Cuadro 22. Capacidad Total - Zonas Externas**

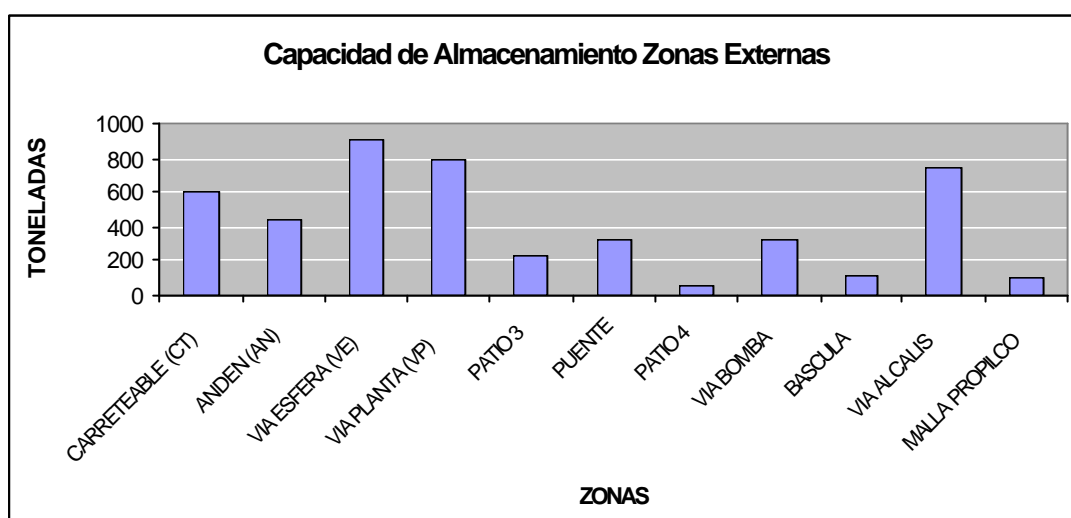
<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>CAPACIDAD TOTAL (TON)</b>	<b>PARTICIPACION (%)</b>
CARRETEABLE (CT)	600	5.75
ANDEN (AN)	442	4.24
VIA ESFERA (VE)	906	8.69
VIA PLANTA (VP)	800	7.67
PATIO 3	224	2.15
PUENTE	316	3.03
PATIO 4	60	0.58
VIA BOMBA	320	3.07
BASCULA	108	1.04
VIA ÁLCALIS	750	7.19



MALLA PROPILCO	100	0.96
<b>TOTAL CAPACIDAD</b>	<b>10430</b>	<b>100</b>

Para mayor claridad se ilustra en la figura 3 las capacidades totales de las zonas de almacenamiento. (ver figura 3 Capacidad de Almacenamiento Zonas Externas)

**Figura 3. Capacidad de Almacenamiento Zonas Externas**



**2.2.1.3 Capacidad nominal en toneladas para los diferentes tipos de supersacos:** El cuadro que se muestra a continuación, relaciona las capacidades nominales de almacenamiento para los diferentes tipos de Supersacos, es decir la capacidad que puede contener cada zona externa cuando se arruman los Supersacos de dos (2) por alto. (ver cuadro 23. Capacidad en Toneladas por Tipos de Supersacos).

**Cuadro 23. Capacidad en Toneladas por Tipos de Supersacos**

<b>ZONA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>CAPACIDAD TON BB 860</b>	<b>CAPACIDAD TON BB 740</b>	<b>CAPACIDAD TON BB 625</b>	<b>CAPACIDAD TON BB 575</b>
CARRETEABLE (CT)	516.00	444.00	375.00	345.00
ANDEN (AN)	380.12	327.08	276.25	254.15
VIA ESFERA (VE)	779.16	670.44	566.25	520.95
VIA PLANTA (VP)	688.00	592.00	500.00	460.00
PATIO 3	192.64	165.76	140.00	128.80
PUENTE	271.76	233.84	197.50	181.70
PATIO 4	51.60	44.40	37.50	34.50
VIA BOMBA	275.20	236.80	200.00	184.00
BASCULA	92.88	79.92	67.50	62.10
VIA ÁLCALIS	645.00	555.00	468.75	431.25
MALLA PROPILCO	86.00	74.00	62.50	57.50
<b>TOTAL CAPACIDAD</b>	<b>3978.36</b>	<b>3423.24</b>	<b>2891.25</b>	<b>2659.95</b>

Las Capacidades calculadas en los cuadros anteriores de las Zonas Externas, permiten obtener datos para la Simulación del modelo.

**2.2.2 Manejo de los equipos de montacargas:** El estudio que fue realizado en la empresa PETCO S.A., este se enfocó buscando obtener un diagnóstico adecuado sobre el manejo que reciben los equipos (montacargas), de manera que se puedan conocer aspectos como: las distancias que recorren (rutas), los tiempos que emplean en la asignación de sus funciones, el tipo de carga que transportan,

entre otros. Además de servir como instrumento informativo para proponer soluciones y mejoras a los problemas que se generen a causa de estos, de manera que permitan hacer de dicho recurso un elemento realmente eficiente, y por lo tanto hacer de la producción de PETCO S.A. y de los equipos de la empresa MONTACARGAS CASTROS & CIA LTDA factores con altos niveles de productividad. Como herramienta para las propuestas a realizar se utilizará la simulación, ya que por medio de estas se podrán ver resultados sin aplicar estas mejoras en la realidad lo cual disminuye costos.

En cuanto al alcance del estudio, este fue desarrollado dentro del departamento de producción, en lo que corresponde a la operación de almacenamiento de los productos terminados por parte de los equipos de Montacargas, teniendo como enfoque principal la utilización que tienen los equipos (montacargas) dentro de la planta de la empresa PETCO S.A., en lo que corresponde a las líneas de producción PK -1K, PK - 2K, PK - 3K, PK-4K, PK-12K y PK-13K, hasta las diferentes zonas de almacenamiento. Por lo tanto el estudio va desde la salida del producto terminado teniendo en cuenta la velocidad de salida, hasta que el montacargas lo deja en la zona de almacenamiento. Desarrollo del Estudio Para lograr las metas propuestas inicialmente, con relación a los almacenamientos de los productos terminados, se crearon unos formatos (Ver cuadros 1 y 2), los cuales permitieron registrar un conjunto de datos, donde se puede observar la utilización de los equipos, dependiendo de las circunstancias en que se encuentre. Así mismo el cuadro permite demostrar con indicadores el problema por el cual atraviesan los equipos de montacargas dentro de la planta de producción de

PECTO S.A., y por lo tanto brindar una mayor información de la situación en estudio. A continuación se explican cada una de las columnas que componen el cuadro, de la siguiente manera:

- **Recorrido:** esta columna muestra la ruta que toman los montacargas desde las diferentes líneas de producción (pk-1k, pk-2k, pk-3k, pk-4k, pk-12k y pk-13k) hasta la zona de almacenamiento de productos terminados.
- **Tipo de producto:** permite identificar el tipo de producto que se está almacenando (supersaco o bolsa suelta), esta columna es muy importante, ya que a través de ella se puede conocer cuál es el producto que se está manipulando en las diferentes áreas de almacenamiento.
- **Carga transportada:** esta columna muestra el peso del producto que se está transportando, esta información es muy importante, ya que por medio de ella se puede analizar el rendimiento que tienen los montacargas cuando soportan una cantidad de peso en un tiempo y distancia determinados.
- **Distancia:** esta columna muestra la distancia que recorre el montacargas desde el área de producción hasta las zonas de almacenamiento. es importante saber que las distancias que aparecen en metros fueron calculadas teniendo en cuenta el trayecto en el que el montacarguista toma el producto lo almacena y se regresa al mismo punto donde toma el producto terminado.
- **Tiempo:** esta columna muestra el tiempo que emplea el montacarguista en almacenar los productos desde la línea de producción hasta las zonas de almacenamiento. para esta variable se siguió el mismo criterio que la distancia.

- **Número de estibas por hora (# estibas / hr):** los datos que se muestran en esta columna, permiten conocer la eficiencia (# de estibas) que puede almacenar un montacarguista en un periodo de tiempo de una hora.
- **Toneladas por hora transportada (efi. Ton / hr transp):** en esta columna (ver tabla 2), se muestra la eficiencia en toneladas que tiene un montacargas cuando emplea los tiempos que se relacionan en dicha tabla.
- **Total distancia: (total dist / hr):** en esta columna se muestra el total de la distancia recorrida por un montacargas, en un periodo de una hora cuando almacena en la zonas relacionadas en el formato.

**2.2.3 Distancia de las Líneas de Producción hasta las Zonas Externas de Almacenamiento:** El cuadro que se muestra a continuación contiene las distancias promedio desde las líneas de producción hasta las diferentes zonas de almacenamiento (ver cuadro 24 Distancias Entre las Líneas de Producción y Zonas Externas de Almacenamiento). Estas se tomaron con el fin de observar la distancia promedio recorrida por cada montacarga al momento de almacenar el producto, además brinda información importante para determinar la eficiencia con la que se está utilizando el equipo ya que este no debe recorrer esta distancia con el producto ya que no está estipulado dentro de las condiciones del contrato y también desgasta el equipo lo cual afecta directamente a la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA.

**Cuadro 24. Distancias Entre las Líneas de Producción y Zonas Externas de Almacenamiento**

Zonas Externas	Líneas Producción			
	PK-1K	PK-2K	PK-3K Y 4K	PK-12K Y 13K
<b>CARRETEABLE (CT)</b>	896.50	1044.50	1052.50	1068.50
<b>ANDEN (AN)</b>	896.50	1044.50	1052.50	1068.50
<b>VIA ESFERA (VE)</b>	947.50	1095.50	1103.50	1119.50
<b>VIA PLANTA (VP)</b>	551.5	699.5	707.5	723.5
<b>PATIO BODEGA 3</b>	131,5	279,5	287,5	303,5
<b>PUENTE</b>	199	347	355	371
<b>PATIO BODEGA 4</b>	124,5	272,5	280,5	296,5
<b>VIA BOMBA</b>	539.5	687.5	695.5	695.5
<b>BASCULA</b>	466	614	622	638
<b>VIA ÁLCALIS</b>	941.5	1081.5	1097.5	1113.5
<b>MALLA PROPILCO</b>	379	527	535	551

**2.2.4 Tiempos de las Líneas de Producción:** Los tiempos de las líneas de producción son tomados como dato adicional para la realización del modelo de simulación ya que en la realidad se puede observar el bloqueo existente al final de

cada línea de producción debido a la demora presentada por cada montacarga cuando se dirige a almacenar el producto.

Para esto se tomaron de manera aleatoria muestras de 10 datos durante 5 días dando un total de 50 datos. Esta muestra se considera representativa, teniendo en cuenta que las líneas de producción son automatizadas y la diferencia entre muestras no es muy significativa, por lo tanto una muestra de 50 se ajusta más al promedio de los tiempos en cada línea. A continuación se observan los datos correspondientes a los tiempos de las líneas de producción. (ver cuadro 25. Tiempos Líneas de Producción)

**Cuadro 25. Tiempos Líneas de Producción**

Muestras	Líneas de Producción					
	PK-1K	PK-2K	PK-3K	PK-4K	PK-12K	PK-13K
1	5.5	5.74	2.5	2.64	1.93	2.03
2	5.27	5.41	2.98	2.63	1.95	1.98
3	5.42	5.68	2.75	2.98	2.03	1.99
4	5.12	5.9	2.63	2.78	2.1	2.35
5	5.3	5.82	2.54	2.53	2.5	2.21
6	5.35	6.02	2.51	2.69	1.98	2.05
7	5.5	5.5	2.63	2.45	1.96	2.32
8	5.28	5.63	2.68	2.63	1.9	2.33
9	5.3	5.52	2.74	2.39	2.1	2.08
10	5.29	5.69	2.63	2.36	2.08	1.99

11	5.1	6.1	2.85	2.45	2.3	1.95
12	5.42	5.76	2.54	2.56	2.15	2.04
13	5.05	5.61	2.56	2.51	1.95	2.08
14	5.44	5.63	2.79	2.78	2.41	1.96
15	5.59	5.65	2.65	2.65	1.99	1.9
16	5.4	6.18	2.63	2.99	2.13	1.92
17	5.38	5.98	2.45	3.01	1.98	2.05
18	5.2	5.74	2.51	2.87	1.92	2.31
19	5.59	6	2.5	3.05	2.5	2.24
20	5.5	5.52	2.74	2.66	2.36	2.37
21	5.29	5.63	2.65	2.54	2.41	2.35
22	5.48	5.74	2.58	2.87	2.2	2.08
23	5.21	5.78	2.39	2.76	2.12	1.98
24	5.58	5.76	2.67	2.65	1.98	1.95
25	5.15	5.23	2.54	2.5	1.92	2.04
26	5.19	6.02	2.51	2.54	1.96	1.97
27	5.49	6.1	2.53	2.99	1.97	1.96
28	5.46	5.9	2.74	2.78	2.05	2.06
29	5.15	5.46	2.8	2.65	2.41	2.12
30	5.27	5.8	2.79	2.36	2.03	1.99
31	5.32	5.76	2.68	2.33	2	2.05
32	5.48	5.74	2.31	2.54	2.19	2.14



33	5.56	5.63	2.33	2.85	2.38	2.28
34	5.54	5.6	2.65	2.79	1.96	2.39
35	5.35	5.9	2.4	2.63	2.07	2.04
36	5.45	5.7	2.58	2.64	1.9	1.98
37	5.36	5.81	2.64	2.97	2.23	1.99
38	5.47	5.76	2.59	2.41	1.96	2.41
39	5.26	5.6	2.67	2.51	1.92	2.36
40	5.45	5.82	3.01	2.56	2.06	1.99
41	5.36	5.26	2.99	2.58	2.21	2.08
42	5.58	5.36	2.51	2.97	2.33	2.1
43	5.49	5.48	2.48	2.47	1.98	2.19
44	5.52	5.79	2.98	2.65	2.05	2.24
45	5.59	5.8	2.65	2.69	1.9	1.9
46	5.47	5.28	2.79	2.54	1.89	1.98
47	5.31	5.44	2.64	2.49	1.99	2.08
48	5.21	5.66	2.36	2.56	1.92	2.04
49	5.5	5.28	2.47	2.53	2.01	2.36
50	5.14	5.71	2.98	2.97	2.06	2.28

## 2.3 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN

**2.3.1 Capacidad utilizada (Eficiencia):** Luego de recopilar la información referente a las capacidades en toneladas que son almacenadas en las bodegas,

se llevo a cabo un análisis basados en dos variables de almacenamiento; la Capacidad Real y la Capacidad Nominal de cada zona de almacenamiento, de esta forma se pudo obtener un diagnóstico, el cual se tomó como punto de referencia para la simulación de los procesos.

Para determinar la CAPACIDAD REAL en cada una de las bodegas, se llevó a cabo un estudio, el cual consistió en determinar la existencia en toneladas que contenía cada área de almacenamiento.

El objetivo primordial de calcular la existencia, era el de obtener la capacidad que en ese instante contenía cada bodega, ya que a través de la simple observación, se pudo concluir que la capacidad disponible de las bodegas para almacenar los productos terminados era mínima y casi imposible debido al mal almacenamiento en dichas bodegas lo cual no permite que los equipos de montacargas se desplacen en cada bodega de manera fácil y rápida, sino que tiene enfrentarse a obstáculo en zonas externas mas alejadas para cumplir dicha función de almacenaje.

De igual forma es importante mencionar, que dichas existencia fueron determinadas gracias a los datos que arroja el sistema (software en inventario), los cuales se muestran en el siguiente cuadro con la columna denominada CAPACIDAD REAL y que permite comparar la disponibilidad nominal que tienen cada bodega con la utilizada para la función de almacenamiento. En el cuadro siguiente se calcula la eficiencia de las bodegas teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado. (ver cuadro 26. Eficiencias de las Bodegas en Toneladas).

**Cuadro 26. Eficiencias de las Bodegas en Toneladas**

<b>BODEGA</b>	<b>CAPACIDAD NOMINAL</b>	<b>CAPACIDAD REAL</b>	<b>EFICIENCIA (%) DE LAS BODEGAS</b>	<b>INEFICIENCIA (%)</b>
2	765,000	624,210	81,60	18,40
3	1362,000	787,655	57,83	42,17
4	1071,000	865,205	80,78	19,22
5	2193,000	1664,949	75,92	24,08
6	819,000	629,307	76,84	23,16
7	1908,500	1449,836	75,97	24,03
8	5235,000	4234,271	80,88	19,12

Del cuadro anterior se puede concluir que:

- ✓ Todas las bodegas no son aprovechadas a su máxima capacidad (capacidad nominal). Y dentro de la capacidad utilizada existe una gran proporción de productos que se encuentran en malas condiciones como son productos pasados, bolsas con deterioro, entre otros factores.
- ✓ Al encontrarse las bodegas ocupadas con productos en malas condiciones y por lo tanto no disponibles para la venta se afectan directamente los costos de almacenamiento, ya que las áreas no están siendo utilizadas para su verdadera función. Por lo tanto la empresa PETCO S.A., debe llevar a cabo un plan estratégico para hacer de las áreas de almacenamiento lugares verdaderamente provechosos.
- ✓ La bodega que mayor eficiencia presenta en el aprovechamiento de su capacidad es la número 2. (con un 81.60%)

- ✓ La bodega con menor aprovechamiento de su capacidad de almacenamiento es la número 3. (con un 57.83%)
- ✓ La eficiencia total esta dada en un 75.68% (10255.433 toneladas) y con una ineficiencia del 24.32% (3098.067 toneladas) respectivamente.
- ✓ La relación de las bodegas con el tipo de producto almacenar esta dado por el siguiente cuadro. (Ver cuadro 27. Relación de Productos Almacenados por Bodega)

**Cuadro 27. Relación de Productos Almacenados por Bodega**

BODEGA	CAPACIDAD REAL (TON)	TIPO DE PRODUCTO TERMINADO
2 Y 3	1411,865	PVC-GEON
4, 5, 6 Y 8	7393,732	PVC-PETCO
7	1449,836	EMULSIÓN
<b>TOTAL</b>	<b>10255,433</b>	

El cuadro anterior nos muestra que la planta tiene agrupadas sus bodegas de almacenamiento por tipos de productos terminados. Para nuestro proyecto, el punto de interés se enfoca en las bodegas 4, 5, 6 y 8, ya que estas son las bodegas que se encuentran disponibles para almacenar productos en las líneas que corresponden a PETCO S.A.

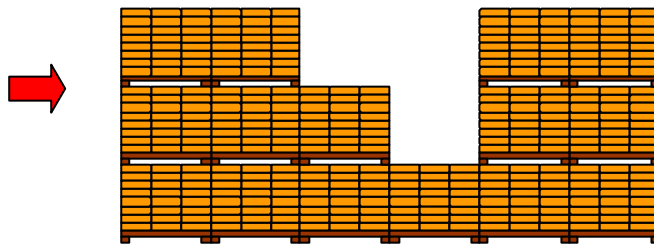
**2.3.1.1 Diagnóstico en la capacidad de almacenamiento dentro de las bodegas:** Con los cálculos obtenidos en la parte anterior del estudio, se pudo

determinar que la capacidad de almacenamiento no esta siendo aprovechada a su máximo uso, arrojando un porcentaje de INEFICIENCIA del 24.32% y representado en toneladas por una cantidad de 3098.067.

Gran parte de la falta de aprovechamiento en la capacidad de almacenamiento se debe a las siguientes razones:

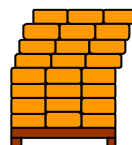
- ✓ En algunos espacios intermedios las estibas no se apilan a su máximo aprovechamiento (tres de alto), lo que dificulta y hace **impenetrable** él poder almacenar otros productos. (Ver figura 4.).

**Figura 4**



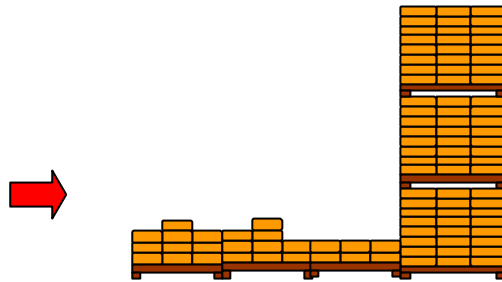
- ✓ En zonas donde se pueden apilar otras estibas es imposible hacerlo, debido a que en dichos espacios las estibas no se encuentran en óptimas condiciones; es decir, algunas contienen bolsas rotas y en otras las bolsas no se encuentran bien colocadas. (ver figura 5).

**Figura 5**



- ✓ En espacios que son disponibles para arrumar estibas es imposible, debido a que algunas estibas que ya se encuentran almacenadas, no están en forma completa, lo que dificulta el equilibrio de la carga y por lo tanto su aprovechamiento en espacio (Ver Figura 6).

**Figura 6**



Lo anterior permite concluir, que los equipos de montacargas de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, son afectados por cada una de las razones anteriores, lo que ocasiona que los equipos no puedan disponer de ellas para almacenar y movilizarse en distancias y tiempos más cortos para lo que están diseñados.

Debido al problema a la compañía PETCO S.A. donde la rata de producción era mayor que la rata de venta, hizo que la planta tuviera que disponer de otras zonas para almacenar sus productos terminados. A causa de esto, la compañía estableció unas zonas de almacenamiento externas, remitirse al cuadro 22. Capacidad Total. Zonas Externas.

**2.3.2 Diagnostico en el manejo de los Montacargas:** Luego de haber recolectado la información que se relacionan en los anexos A y B, en las cuales

aparecen relacionados 23 grupos de datos, se puede concluir la siguiente información:

➤ En aquellas zonas de almacenamiento que se encuentran más cercanas a las líneas de producción, como lo son las bodegas 4, 5, 6, y 8, los tiempos que emplea el montacargas en hacer dicha operación son mas reducidos, mostrando así niveles considerables en el transporte de estibas y que a su vez se ve representado por la cantidad de toneladas que puede movilizar por hora. La situación anterior se muestra en las filas cuyo código esta representado por las letras: A, B, C, D, E, H, J, L, O, P, S y X (aparecen en las tablas en fondo blanco). De este grupo de datos se puede destacar lo siguiente:

- Las distancias recorridas se encuentran en un rango de 68.00 a 168.00 metros (m).
- Los tiempos empleados se encuentran en un rango de 1.01 a 2.68 minutos (min.).
- Con las distancias y los tiempos anterior, los equipos tienen la disponibilidad de almacenar toneladas que sobrepasan las 30.00 toneladas.

➤ Con relación a los datos tomados y que corresponden a las filas que se encuentran codificadas con las letras G, I, K, M, N, Q, R, T, U, V y W. Se puede observar que las distancia empleadas en dichas rutas se encuentran más alejadas de la líneas de producción, estas son llamadas zonas externas. De igual forma se puede concluir la siguiente información:

- Las distancias recorridas por el montacarga alcanzan niveles superiores a los 1000 metros.

- Al ser las distancias a las zonas externas de almacenamiento más largas, los montacargas demoran más tiempo en ir y regresar a recoger el producto terminado. Esta situación complica el trabajo de los montacargas ya que cuando regresan ya tienen el producto esperando para ser almacenado creando un acumule de producto terminado con el tiempo.
- Lo mencionado anteriormente obliga a los montacargas a trasladarse de un lugar a otro a velocidades que no están permitidas tanto para el equipo como para la empresa PETCO S.A., pues estos deben cumplir con las normas establecidas por la compañía.
- La eficiencia representada en el número de estibas y toneladas transportadas es baja, lo cual se pudo deducir en forma inmediata, ya que los valores en toneladas alcanzados por cada montacarga se encuentran en un rango de 11.56 Ton a 17.52 Ton transportadas por hora, lo que permite concluir que con distancias tan extensas para el almacenamiento de los productos, los equipos no son aprovechados a su máximo rendimiento.
- En cuanto al total de la distancia que toma un montacargas cuando almacena en dichas zonas, los valores alcanzados llegan a superar los 10000 metros por hora. De lo anterior se puede deducir que si se relacionan las distancias empleadas y las toneladas transportadas, los equipos no esta siendo realmente aprovechados, sumado a esto los equipos pueden presentar problemas mecánicos, debido a que en algunas zonas externas las vías no se encuentran en buen estado y el equipo no esta diseñado



para soportar las toneladas en recorridos tan extensos. Para profundizar en este tema, remitirse al ANEXO C.

- Otro aspecto importante que se puede destacar dentro de los datos recopilados en los anexos A y B, esta relacionado con los tiempos de almacenamiento para las rutas que se encuentran codificadas con las letras I, U, V y W. Para este caso en particular, se puede observar que las rutas que se describen son muy parecidas (en distancias recorridas) y los tiempos empleados difieren.

Esta situación se debe a que no todos los operarios de los montacargas (montacarguistas) tiene experiencia en el manejo de este dentro de la planta, cabe anotar que para aquellos con experiencia los tiempos que demoran en transportar el producto de un lado a otro son menores a pesar de ser más pausados y precavidos al manejar los equipos.

- En la recopilación de datos de los anexos A y B, no se pudieron registrar todas las rutas donde son almacenados los productos, debido a que en el momento que se tomaron los datos, dichas zonas no estaban designadas para tal fin. Por tal razón y con el objeto de brindar una perspectiva más real de la situación, se elaboró un cuadro donde aparecen las distancias desde las líneas de producción hasta dichas zonas (todas son zonas externas), remitirse al Cuadro 24. Distancias Entre las Líneas de Producción y Zonas Externas de Almacenamiento.

Del cuadro 24 se pueden destacar los siguientes aspectos.:

- Las distancias fueron calculadas teniendo en cuenta las vías autorizadas para la movilización de los productos por parte de los montacargas (carreteras, pasillos, etc.).
- Las distancias en metros que aparecen registradas fueron calculadas teniendo en cuenta la operación que realiza el montacarguista, en la cual toma el producto de la línea de producción hasta la zona de almacenamiento y se devuelve al mismo punto, es decir una distancia duplicada.
- En el cuadro anterior se puede observar que la mayoría de las zonas externas alcanzan altas distancia, información que si es relacionada con el cuadro número 1 y 2, brinda una perspectiva más clara de la situación, es decir, una relación directa entre las distancias y los tiempos.
- ✓ El gasto de combustible de cada montacarga en la actualidad es de 3 galones por día, el consumo normal de estos es de 2 galones por día para un montacarga que cumpla con las especificaciones. El gasto de llanta por cada montacarga en la actualidad es de 10 llantas por mes, el gasto normal de estos anteriormente era de 5 llantas en un mes. Esto muestra claramente que el costo de cada montacarga mensual por mantenimiento se incremento debido al mal uso.

### **3. SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN EN ESTUDIO**

La simulación es una herramienta básica para las organizaciones, ya que permite representar un sistema real a partir de unos modelos dados y a la vez se convierte en un poderoso instrumento que disminuye el riesgo de falla en el montaje y operación de un negocio.

La simulación se basa en la experimentación y, por ende, exige un método para su elaboración. Este método comienza con la definición del problema, que entraña la especificación de objetivos y la identificación de las variables pertinentes controlables del sistema que se va a estudiar; esta conlleva al conocimiento de la realidad con sus dificultades propias, lo cual tiene un impacto en el análisis de los resultados. El segundo paso es la modelación de la realidad, aquí entramos en el diseño de la realidad teniendo en cuenta todos los parámetros, variables restricciones, factores de decisión, medición, entre otros. El tercer paso y más importante cuando se realiza simulación consiste en la evaluación y el análisis de los resultados. Esto dependerá del modelo del sistema real y del adiestramiento del investigador para que su conclusión guarde proporción con el objetivo de la simulación.

#### **3.1 PROCESO DE SIMULACIÓN.**

El proceso de Simulación seleccionado consiste básicamente en la representación del manejo de los equipos de montacargas de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, dentro de la planta de producción PETCO S.A.

Para llevar a cabo este proceso fue necesario tener una imagen mental de todos los elementos que interactúan dentro del proceso de la Movilización de los productos terminados (estibas, BB), lo cual en nuestro caso permitirá a través de la simulación obtener un diagnóstico de los equipos de montacargas.

### **3.2 PLAN DE ESTUDIO**

Dentro del proceso que involucra un adecuado plan de estudio, se desarrolló por parte de nuestro equipo de trabajo una serie de pasos, los cuales nos permitieron recopilar la información necesaria, basados en la problemática planteada por la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, los cuales se detallan a continuación:

1. En primera instancia se visitó la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, recopilando como primera fuente de información las deficiencias presentadas por los equipos en el área de mantenimiento y reparación con cada uno de sus mecánicos en cabeza del jefe de operaciones de la empresa y el Ingeniero Mecánico en Práctica en esos momentos. Estos manifestaron los problemas ya mencionados al inicio de este trabajo.
2. Con la información recibida por la empresa de montacargas, nos acercamos a la planta de producción PETCO S.A., donde se hicieron estudios de tiempo para obtener información relacionada con las líneas de producción y además con las distancias entre las zonas de almacenamiento y las líneas de producción. También se tuvo en cuenta el manejo de inventarios dentro de las

zonas de almacenamiento, toda esta información es de vital importancia para la construcción del proceso de simulación.

**3.2.1. Objetivo de la simulación:** Identificar por medio de la herramienta de Simulación el desempeño que tienen los equipos de montacargas de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA a través de indicadores que permitan medir la eficiencia de los equipos dentro del proceso de almacenaje de productos terminados en la planta de producción PETCO S.A. con el fin de buscar alternativas de mejoras para la utilización adecuada de los equipos de montacargas.

**3.2.2. Limitaciones de la simulación:** La principal limitación de la situación es la económica, debido a que muchas de las propuestas que se realicen no tendrán incidencia directa en la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA sino en la empresa PETCO S.A. causado por las deficiencias que presentan tanto en su departamento de producción como en las diferentes zonas de almacenamiento.

### **3.2.3. Especificaciones del modelo**

**3.2.3.1 Alcance:** La situación que se va a simular consiste en el almacenamiento de producto terminado del departamento de producción de la empresa PETCO S.A. hasta diferentes zonas de almacenamiento.

La simulación inicia con las líneas de producción de la planta a donde llegan los montacargas y los transporta aleatoriamente a cualquiera de las diferentes áreas

de producción. Este termina cuando los montacargas liberan las estibas o los Big-Bag en cualquiera de las zonas de almacenamiento.

**3.2.3.2 Nivel de detalle:** La duración de la corrida será de 8 horas, que corresponde al tiempo establecido por turnos de trabajo. En cuanto a la localización de las bodegas, en el modelo no están ubicadas como lo están en la realidad pero las distancias entre las líneas de producción y las zonas externas de almacenamiento si son reales. Estas distancias servirán de ayuda para evaluar las distancias recorridas para los montacargas.

Los tiempos de salida de producto terminado de cada línea de producción son probabilísticos y para encontrar la distribución se utilizó la herramienta stat-fit del software PROMODEL utilizando los datos del Tiempos de las Líneas de Producción (remitirse al cuadro 25). Estas distribuciones se relacionan en el siguiente cuadro.(ver cuadro 28. Distribuciones Líneas de Producción).

**Cuadro 28. Distribuciones Líneas de Producción**

LINEAS DE PRODUCCIÓN	DISTRIBUCIÓN PROBABILISTICA
LINEA 1	Beta (2.03, 1.3, 5, 5.59)
LINEA 2	Weibull (3.54, 0.775)
LINEA 3	Pearson5 (47.2, 50.51)
LINEA 4	Uniform $1+1.64*(1./((1./U(0.5, 0.5))-1.))^{**}(1./15.5)$

Las distancias de las líneas de producción hasta los almacenes de las zonas externas se tomaron de acuerdo a los planos de la planta.

**3.2.3.3 Grado de Exactitud:** El grado de exactitud del modelo depende directamente de los datos que relacionan los indicadores a medir. De acuerdo a lo anterior detallamos para los indicadores lo siguiente:

• **Toneladas transportadas por cada montacarga por unidad de tiempo:**

Para este indicador se hizo necesaria la información exacta en cuanto a los tiempos de producción por cada línea de producción, las toneladas de producto terminado de cada línea, las velocidades de los montacargas y las distancias entre las líneas de producción y las zonas de almacenamiento.

• **Distancia que recorre cada montacarga a lo largo de la simulación:** Se debe tener en cuenta las diferentes zonas de almacenamiento ya que las distancias varían de acuerdo a la zona.

**3.2.4. Planeación y definición del modelo:** La planeación y definición del modelo se dividió en dos etapas, la primera etapa consistió en la recolección de la información necesaria para realizar el estudio de las eficiencias de los montacargas. La segunda etapa fue la de la construcción del modelo de la situación actual.

La primera etapa se realizó entre los días 23 de septiembre y el 18 de octubre.

La segunda etapa se realizó entre el 21 de octubre hasta el 6 de noviembre.

A continuación se detallan las semanas en las que se realizaron las etapas antes mencionadas (ver figura 7. Planeación y recolección de información)

**Figura 7. Planeación y Recolección de la Información**

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7
RECOLECCION DE INFORMACION	■						
CONSTRUCCION DEL MODELO					■		

### 3.3 DEFINICION DEL SISTEMA

Después de definir claramente los objetivos y la organización del proyecto, se debe entrar a definir detenidamente el sistema, para esto se tendrá en cuenta lo siguiente:

**3.3.1. Determinación de la Información Requerida:** Para esto es necesario obtener información referente a la planta, los centros de trabajo, las entidades o diferentes productos a utilizar durante la simulación, quien requiere un recurso, cuando y donde lo necesita, que se va a medir, los indicadores que se deberán a tener en cuenta, el tiempo de simulación del proceso, que tan variable es el proceso, entre otro tipo de información. Esta es la principal información requerida para poder empezar con el proceso de simulación.

- **Centros de Trabajo (Locaciones):** Se necesitan 4 locaciones para cada línea de producción utilizada, además cada almacén hacia donde se dirige el producto terminado será también una locación, a lo largo de la construcción del



modelo se podrán presentar otro tipo de locaciones que servirán como ayuda para la representación del modelo pero que en la realidad no existen.

- **Productos o subproductos (Entidades):** Las entidades necesarias para el estudio serán las estibas y los Big-Bag (BB), se presentan como en el caso de las locaciones entidades adicionales que servirán de ayuda a la realización del modelo pero en el proceso real no existen.
- **Tiempos de Proceso:** Es necesario determinar el tiempo que demora cada uno de los montacargas en trasladarse de las líneas de producción hasta las zonas de almacenamiento, los tiempos de salida de producto terminado de cada línea de producción, las capacidades máximas de almacenamiento de cada almacén, las toneladas máximas que puede cargar un montacargas, las toneladas de cada producto terminado.

### **3.4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO**

Para la construcción del modelo es necesario tener toda la información posible acerca del proceso para poder obtener resultados confiables y poder así proponer mejoras e implementarlas en un futuro.

Para la realización del modelo es fundamental tener bien definido el alcance de este. El modelo se deberá ajustar progresivamente lo que permite hacer mejoras en el tiempo, en las actualizaciones de los datos, etc.

Para la construcción de este modelo se utilizaron 21 locaciones, 3 entidades, 4 redes, 4 recursos, 2 atributos y 12 variables las cuales serán descritas a continuación:

#### **3.4.1 Locaciones**

- **Línea\_1**

Locación para la línea de producción 1.

- **Línea\_2**

Locación para la línea de producción 2.

- **Línea\_3**

Locación para la línea de producción 3.

- **Línea\_4**

Locación para la línea de producción 4.

- **Llegada**

Esta locación no es parte real del proceso, se coloca como ayuda para que el modelo funcione y corresponde a las llegadas de materia prima hacia cada línea de producción.

- **Basc**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **VA**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **MP**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **CT**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **AN**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **VE**

Corresponde a uno de los almacenes e existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **VP**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **VB**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **P3**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **Puente**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **P4**

Corresponde a uno de los almacenes existentes en las zonas externas de almacenamiento.

- **Otras Locaciones**

En el modelo existen otras locaciones que sirven de ayuda para la simulación, entre estas encontramos las locaciones llamadas buffer las cuales se ubican cerca de cada una de las líneas y al igual que estas se nombran buffer1, buffer2, buffer3 y buffer4 respectivamente.

También esta la locación lock1 que sirve para simular la salida del producto terminado del modelo.

### **3.4.2. Entidades**

- **Materia Prima**

Es la entidad que alimenta las líneas de producción y solo sirven como ayuda para el modelo, esta hace parte del objeto bajo estudio.

- **Estiba\_1**

Esta entidad es la que sale de las líneas de producción 1 y 2, tienen un peso de 1 Tonelada.

- **Big Bag (BB)**

Es el producto terminado que sale de las líneas de producción 3 y 4, a diferencia de las estibas estas salen con un peso de 0.650 Toneladas y 0.860 Toneladas de las líneas 3 y 4 respectivamente.

**3.4.3. Redes:** Para el desarrollo del modelo se utilizaron 4 redes correspondientes a las rutas de cada uno de los montacargas. Las redes fueron llamadas de la siguiente forma:

- **Net1**
- **Net2**
- **Net3**
- **Net4**

**3.4.4 Recursos:** Los recursos hacen referencia a los equipos de montacarga, estos sirven de ayuda para transportar el producto terminado a cada uno de los almacenes establecidos. En el modelo estos recursos toman los siguientes nombres:

- **Montacarga1**
- **Montacarga2**
- **Montacarga3**
- **Montacarga4**

Cada montacargas esta diseñado para transportar 2.5 Ton., pero debido a la larga distancia que tiene que recorrer no puede transportar más de 1 Ton.

En cuanto a la velocidad de los montacargas, estos deben recorrer en promedio 20 Kilómetros por hora.

### 3.4.5 Atributos

Los atributos son un tipo de variable que guardan información en la memoria de una locación o de una entidad.

Para la construcción del modelo se utilizaron dos atributos relacionados entre si para lograr aleatoriedad de los montacargas a las zonas de almacenamiento.

Estos son:

- **at1**
- **att1**

```
att1=rand(11)
var1=att1
if att1=1 then
  at1=Basc
else if att1=2 then
  at1=VA
else if att1=3 then
  at1=MP
else if att1=4 then
  at1=CT
else if att1=5 then
  at1=AN
else if att1=6 then
  at1=VE
else if att1=7 then
  at1=VP
else if att1=8 then
  at1=VB
```

El atributo att1 toma un valor aleatorio entre 1 y 11. Ese valor se le asigna a una variable var1 y luego con el condicional if then se condiciona de forma que si ese atributo att1 tomo el valor de cualquier almacén de los mencionados este se dirige hacia el almacén.

Como se dirige al almacén? Si la condición se cumple al atributo at1 se le asigna el almacén correspondiente.

Lo anterior se realiza en la casilla de operations, En Rule se hace otro condicional que es el que permite que at1 que ya se le ha asignado el almacén cumpla con el fin propuesto, que se transporte el producto terminado hasta el almacén correspondiente .

```
else if att1=9 then
  at1=P3
else if att1=10 then
  at1=Puerto
else if att1=11 then
  at1=P4
```

### 3.4.6 Variables

Se utilizan para guardar información ya sea entera o real.

En el modelo actual se utilizaron variables que ayuda a medir las toneladas transportadas por cada montacargas, las distancias recorridos entre otro que sirven como ayuda para lograr el fin propuesto.

Estas variables son:

- **Ton\_montacarga1**

Toneladas transportadas por el montacargas 1 desde la línea de producción 1 (línea\_1) hasta cualquiera de los almacenes ubicados en las zonas externas de almacenamiento.

- **Ton\_montacarga2**

Toneladas transportadas por el montacargas 2 desde la línea de producción 2 (línea\_2) hasta cualquiera de los almacenes ubicados en las zonas externas de almacenamiento.

- **Ton\_montacarga3**

Toneladas transportadas por el montacargas 3 desde la línea de producción 3 (línea\_3) hasta cualquiera de los almacenes ubicados en las zonas externas de almacenamiento.

- **Ton\_montacarga4**

Toneladas transportadas por el montacargas 4 desde la línea de producción 4 (línea\_4) hasta cualquiera de los almacenes ubicados en las zonas externas de almacenamiento.

- **Dist\_mont1**

Toneladas transportadas por el montacargas 1 desde la línea de producción 1 (línea\_1) hasta cualquiera de los almacenes ubicados en las zonas externas de almacenamiento.

- **Dist\_mont2**

Toneladas transportadas por el montacargas 2 desde la línea de producción 2 (línea\_2) hasta cualquiera de los almacenes ubicados en las zonas externas de almacenamiento.

- **Dist\_mont3**

Toneladas transportadas por el montacargas 3 desde la línea de producción 3 (línea\_3) hasta cualquiera de los almacenes ubicados en las zonas externas de almacenamiento.

- **Dist\_mont4**

Toneladas transportadas por el montacargas 4 desde la línea de producción 4 (línea\_4) hasta cualquiera de los almacenes ubicados en las zonas externas de almacenamiento.



### **3.5. EJECUCIÓN DE EXPERIMENTO**

Después de obtener el modelo se ejecuto varias veces cambiándole las condiciones iniciales para tener seguridad de que representa la realidad y no únicamente una situación especial.

Este modelo es un tipo de simulación Terminal debido a que el modelo esta definido en el tiempo. El estado inicial del modelo arranca cuando los montacargas se disponen a almacenar el producto terminado a cada zona de almacenamiento, y su estado final es cuando se cumple las ocho (8) horas de cada turno.

El tiempo de simulación es de 8 horas debido a que esta es la duración de un turno de trabajo y se realizaron 5 replicaciones para obtener resultados más precisos y confiables para analizar el modelo.

**3.5.1 Análisis de los Resultados:** Luego de la realización del modelo de simulación, se pasa a la fase del análisis de los resultados obtenidos, esta parte del proceso tiene como objetivo fundamental obtener beneficios basados en lograr que el experimento que se esta simulando demuestre como funciona el sistema y no necesariamente encontrar verdades absolutas.

De acuerdo con lo anterior se analizaron cada uno de los resultados de la simulación, teniendo en cuenta la situación actual por la que pasan los equipos de montacargas de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, dentro de la planta de producción de PETCO S.A., con relación a lo explicado en el capitulo Nro. 2, y de lo cual se pudo determinar que:

Según el Estado de Locaciones, los Buffer 1, Buffer 2, Buffer 3 y Buffer 4, ubicados al final de las líneas de producción (Línea\_1, Línea\_2, Línea\_3 y Línea\_4) respectivamente se encuentran ocupados la mayor parte del tiempo simulado, esto indica que en dichas zonas en un gran porcentaje de tiempo se encuentra con producto terminado en espera de ser transportado.(ver cuadro 29. Estado de las Líneas de Producción).

**Cuadro 29. Estado de las Líneas de Producción**

<b>LOCACION</b>	<b>TEIMPO DE CORRIDA</b>	<b>% VACIO</b>	<b>% OCUPADO</b>	<b>% FULL</b>	<b>% DOWN</b>
Buffer (zona de espera) 1	8	9.77	90.23	0.00	0.00
Buffer (zona de espera) 2	8	6.10	93.90	0.00	0.00
Buffer (zona de espera) 3	8	1.91	97.36	0.73	0.00
Buffer (zona de espera) 4	8	2.51	97.49	0.00	0.00

Con relación a la medición de las Variables en estudio, la simulación nos indica claramente que durante las ocho (8) horas de la corrida las toneladas promedios transportadas por montacargas alcanzan niveles muy bajos de 65.40 ton, 52.00 ton, 36.00 ton y 63.20 ton respectivamente como lo indica la columna de Current Value (valor actual). Con relación a la otra variable en medición que hacen relación a las distancias recorridas por los montacargas las diferentes zonas de almacenamiento, los resultados nos indican que los equipos (montacargas) alcanzan niveles superior a los 40 kilómetros, (ver cuadro 30. Resultado de las Variables de Medición).

**Cuadro 30. Resultado de las Variables de Medición**

<b>VARIABLES DEL MODELO</b>	<b>TOTAL CHANGES</b>	<b>AVERAGE MINUTES PER CHANGE</b>	<b>MINIMUM VALUE</b>	<b>MAXIMUM VALUE</b>	<b>CURRENT VALUE</b>
<b>Toneladas Montacargas 1</b>	65.40	7.27	0.00	65.40	<b>65.40</b>
<b>Toneladas Montacargas 2</b>	52.00	9.14	0.00	52.00	<b>52.00</b>
<b>Toneladas Montacargas 3</b>	57.60	8.31	0.00	36.00	<b>36.00</b>
<b>Toneladas Montacargas 4</b>	63.20	7.54	0.00	63.20	<b>63.20</b>
<b>Distancia montacargas 1</b>	65.40	7.27	0.00	37979.40	<b>37979.40</b>

<b>Distancia montacargas 2</b>	52.00	9.14	0.00	41549.40	<b>41549.40</b>
<b>Distancia montacargas 3</b>	57.60	8.31	0.00	43851.80	<b>43851.80</b>
<b>Distancia montacargas 4</b>	63.20	7.54	0.00	46391.60	<b>46391.60</b>

Teniendo en cuenta los resultados de nuestras dos variables; toneladas transportadas por montacargas y las distancias recorridas, se pudo determinar que los equipos no son utilizados de una manera realmente eficiente, debido a como se menciona en los capítulos anteriores las zonas que disponen para almacenar los productos terminados se encuentran muy alejadas. Así mismo de acuerdo al cuadro anterior se pudo deducir que:

- El montacargas número 3 que se encuentran en una de las dos líneas de producción que sacan producto Big Bag, en el indicador de Toneladas transportadas muestra un valor de 36 toneladas. Este valor se debe a que el montacargas transporta en cada viaje a las zonas de almacenamiento 0.86 toneladas, es decir que el montacargas no esta siendo aprovechado a su máxima utilización en capacidad de carga, esto se debe a que cada equipo utilizado en las labores de almacenamiento esta diseñado para soportar 2.5 toneladas, por lo tanto solo se le esta aprovechando el 34.4% de su capacidad.
- Con relación al punto anterior se puede deducir que la misma situación se presenta para los otros tres (3) equipos de montacargas, la razón de esto se

debe a que por protección a los equipos y las cargas (estibas de productos terminados) debido a las distancias tan extensas que estos deben recorrer, por cuestiones de seguridad solo deben transportar una (1) solo estiba, a pesar de que el equipo pueda soportar una mayor carga.

Los datos que presentan los cuadros analizados anteriormente, describen claramente que los equipos no están siendo realmente utilizados por la empresa PETCO S.A., esto lo demuestra los datos tomados en la parte de recolección de información, y se encuentran especificados en el siguiente cuadro. (ver cuadro 31. Distancias Vs Toneladas Transportadas)

**Cuadro 31. Distancias Vs Toneladas Transportadas**

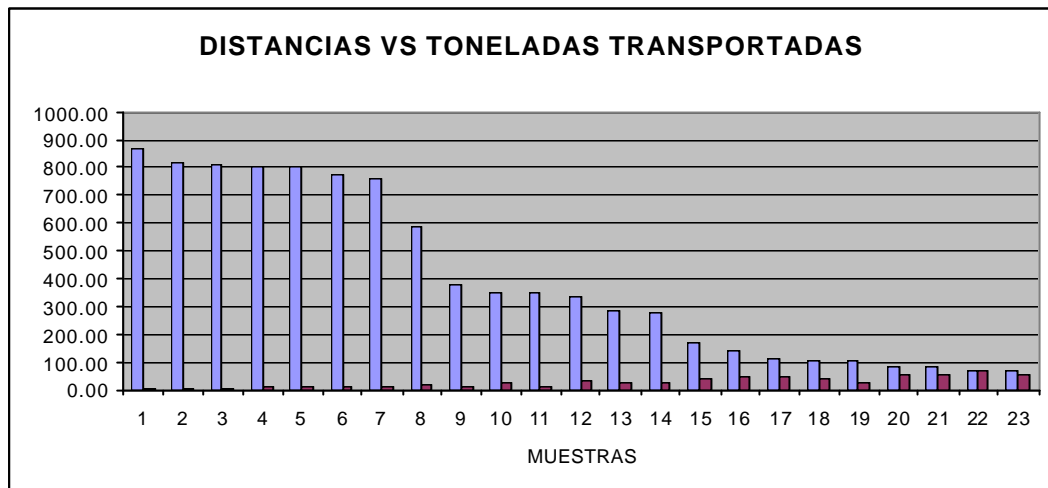
MUESTRA	DISTANCIA (M)	TON/HR
1	867.00	5.00
2	821.00	9.00
3	814.00	8.00
4	801.42	11.18
5	798.00	13.75
6	774.80	12.90
7	760.80	12.04
8	585.00	17.50
9	382.00	13.00
10	351.00	23.00
11	348.00	12.90

12	336.00	29.00
13	285.50	25.00
14	273.00	27.00
15	168.00	40.00
16	140.00	50.00
17	114.00	43.75
18	106.80	36.40
19	106.80	27.50
20	84.00	56.00
21	84.00	56.00
22	68.00	66.25
23	68.00	59.00

En este cuadro los datos están ordenados en forma descendente con relación a la columna de las distancias. De acuerdo a esto se puede observar que al haber una mayor distancia recorrida las toneladas transportadas son menores, este es el caso de aquellas muestras tomadas desde las líneas de producción hasta las Zonas Externas de almacenamiento, mientras que las distancias más pequeñas corresponden a las zonas más cercanas para almacenar (bodegas) y son las zonas que como ya se ha mencionado anteriormente que encuentran obstaculizadas y no permiten realizar adecuadamente el proceso de almacenaje

de productos terminados. Para una mejor comprensión de la información anterior ver figura 8. Distancias Vs Toneladas Transportadas.

**Figura 8. Distancias Vs Toneladas Transportadas**



Las barras que desciende en la gráfica corresponden a las distancias recorridas por los montacargas, mientras que las barras que ascienden corresponden a las toneladas.

Las primeras 14 muestras corresponden a los almacenamientos que tuvieron los equipos de montacargas en las zonas externas, mientras que las 9 restantes son muestras tomadas cuando los montacargas almacenaban en el poco espacio que disponen las bodegas. Así mismo se puede deducir de la gráfica que el verdadero aprovechamiento de los equipos se realiza cuando almacenan en las bodegas destinadas para esto ubicadas en la zona de producción.

Para la construcción de los modelos de las propuestas de mejora las entidades, locaciones, atributos y variables permanecen igual. Para efectos de la simulación

en algún modelo puede variar el número entidades, locaciones, atributos y variables, Estos serán mencionados en las propuestas en caso de ser necesario.

### **3.6. PROPUESTAS DE MEJORA**

**3.6.1 Propuesta 1:** La propuesta número 1 consiste en ubicar dos montacargas en la zona de producción que transporte el producto terminado hasta un punto ubicado en la entrada del departamento de producción, de ahí otros dos montacargas transportan el producto hasta los almacenes ubicados en las diferentes zonas almacenamiento.

Los montacargas que retiran el producto de las líneas de producción están ubicados de la siguiente forma:

- Montacarga1: Ubicado en un punto medio entre las líneas de producción 1 y 4, estos llegan a la primera línea disponible, recogen el producto y lo llevan hasta el punto anteriormente mencionado.
- Montacarga2: Ubicado en un punto medio entre las líneas de producción 2 y 3 y realizan la misma operación que realiza el montacarga1.

Los montacargas que recogen el producto desde el punto en la entrada hasta los almacenes están ubicados en el punto de entrada del departamento de producción, toman el nombre de montacarga3 y montacarga4.

Para la construcción de este modelo se utilizaron 24 locaciones, 3 entidades, 2 redes, 4 recursos, 3 atributos y 14 variables los cambios realizados en este modelo con respecto al modelo original serán descritos a continuación:



**3.6.1.1 Locaciones:** Las locaciones con respecto al modelo original varían en 3, estas son llamadas de la siguiente manera:

- ✓ **Buffer\_montacarga1**
- ✓ **Buffer\_montacarga2**
- ✓ **Buffer\_camión**

Estas locaciones en el modelo sirven como ayuda para la consecución de los objetivos propuestos, `buffer_montacarga1` y `buffer_montacarga2` sirven como zonas como zonas intermedias en las líneas de producción, a estas llegan los montacargas cuando estén desocupados a esperar que las líneas de producción saque producto terminado. La locación `buffer_camion` se utiliza para referenciar el punto en la entrada del departamento de producción, en el cual esperan los montacargas 3 y 4 por producto terminado para ser transportados finalmente a las zonas de almacenamiento externo.

**3.6.1.2 Redes:** Este modelo solo necesito de dos redes una para los montacargas 1 y 2, y otra para los montacargas 3 y 4. Estas fueron llamadas de la siguiente manera:

- ✓ **NET1:** Utilizada para crear las rutas de los montacargas 1 y 2.
- ✓ **NET3:** Utilizada para crear las rutas de los montacargas 3 y 4.

**3.6.1.3 Atributos:** Se utilizó un atributo más llamado `t_montacarga`, el cual fue utilizado para dar la aleatoriedad de las zonas de almacenamiento externas.

En adelante todos los parámetros de este modelo permanecen iguales al modelo original.

Luego de obtener un análisis de la propuesta obtuvimos lo siguiente. (ver cuadro 32. Estado de las Líneas de Producción Propuesta1).

**Cuadro 32. Estado de las Líneas de Producción Propuesta1**

<b>LOCACION</b>	<b>TEIMPO DE CORRIDA</b>	<b>% VACIO</b>	<b>% OCUPADO</b>
Buffer (zona de espera) 1	8	1.85	98.15
Buffer (zona de espera) 2	8	2.34	97.66
Buffer (zona de espera) 3	8	1.45	98.55
Buffer (zona de espera) 4	8	2.15	97.85

Las locaciones Buffer1, Buffer2, Buffer3 y Buffer4 permanecen ocupadas la mayor parte del tiempo, lo que indica que siempre se tiene producto terminado en estas zonas de espera.

A continuación se relacionan los resultados de los indicadores de eficiencias del modelo. (ver cuadro 33. Resultados de las Variables de Medición Propuesta 1)

**Cuadro 33. Resultados de las Variables de Medición Propuesta 1**

<b>VARIABLES DEL MODELO</b>	<b>TOTAL CHANGES</b>	<b>AVERAGE MINUTES PER CHANGE</b>	<b>MINIMUM VALUE</b>	<b>MAXIMUM VALUE</b>	<b>CURRENT VALUE</b>
Toneladas Montacargas 1	126.2	3.77	0.00	124.8	<b>90.92</b>
Toneladas Montacargas 2	122.6	3.90	0.00	121.6	<b>112.29</b>
Toneladas Montacargas 3	119.8	3.99	0.00	77.87	<b>77.87</b>
Toneladas Montacargas 4	118	4.06	0.00	101.4	<b>101.48</b>
Distancia montacargas 1	126.2	3.77	0.00	47956	<b>47956</b>
Distancia montacargas 2	122.6	3.90	0.00	46588	<b>46588</b>
Distancia montacargas 3	119.8	3.99	0.00	44761.4	<b>44761.4</b>
Distancia montacargas 4	118	118	0.00	45160	<b>45160</b>

Al analizar los indicadores de las toneladas transportadas por los montacargas podemos concluir que estos son más eficientes en su trabajo debido a que en comparación con el modelo actual estos solo transportan en el caso del montacarga1 65.4 toneladas y con este modelo se transportan 90.92 toneladas. A continuación se relaciona la diferencia entre las toneladas transportadas del modelo actual y el modelo propuesto. (ver cuadro 34. Toneladas Transportadas Modelo Actual Vs Modelo Propuesto).

**Cuadro 34. Toneladas Transportadas Modelo Actual Vs Modelo Propuesto**

<b>Toneladas Transportadas Ton</b>		
<b>Líneas de Producción</b>	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>
1	65.4	47.67
2	52	56.2
3	36	38.44
4	63.2	49.92

Con relación a las distancias el modelo propuesto no muestra disminución con respecto al modelo actual, por el contrario tiende a aumentar los kilómetros recorridos en uno o dos kilómetros. Esto afecta a los montacargas en cuanto al gasto del combustible ya que aumentaría, pero el montacarguista no está acelerado por que tiene mucho material esperando por ser recogido lo que le brinda tranquilidad a este. Por otro lado esto disminuye el maltrato que tengan los montacargas al momento de transportar el producto, lo que influye a la hora de hacer mantenimiento a estos equipos.

A continuación se relacionan las distancias recorridas por cada montacargas en el modelo propuesto y el modelo actual: (ver cuadro 35. Distancia Recorrida Modelo Actual Vs Modelo Propuesto).

**Cuadro 35. Distancia Recorrida Modelo Actual Vs Modelo Propuesto**

<b>Distancia recorrida (Metros)</b>		
<b>Líneas de Producción</b>	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>
1	37979.4	<b>47956</b>
2	41549.4	<b>46588</b>
3	43851.8	<b>44761.4</b>
4	46391.6	<b>45160</b>

Al comparar las toneladas transportadas con las distancias del modelo propuesto con las del modelo actual se puede ver claramente que a pesar de ser las distancias del modelo propuesto mayores que las del actual los montacargas son más eficientes debido a que transportan mas producto terminado en el mismo tiempo.

**3.6.2 Propuesta 2:** La propuesta número 2 consiste en que los montacargas dispongan de las bodegas para almacenar los productos terminados. Como se explico anteriormente estas zonas actualmente se encuentran llenas de productos que hacen impenetrable el poder almacenar y por lo tanto disponer de dichas zonas.

Para la construcción de este modelo se utilizaron 25 locaciones, 3 entidades, 4 redes, 4 recursos, 2 atributos y 13 variables, los cambios realizados en este modelo con respecto al modelo original serán descritos a continuación:

**3.6.2.1 Locaciones:** Las locaciones con respecto al modelo original varían en 3, estas son llamadas de la siguiente manera:

- ✓ **B4**
- ✓ **B5**
- ✓ **B6**
- ✓ **B8**

Estas locaciones se utilizan en el modelo para señalar las zonas de almacenamiento internas, este modelo no tiene en cuenta las zonas externas. Estas locaciones sirven como ayuda para la consecución del objetivo propuesto , a estas llegan los montacargas cuando estén ocupados para almacenar el producto terminado y luego volver a la línea de producción.

**3.6.2.2 Redes:** Este modelo necesito de 4 redes una para cada uno de los montacargas ubicado en cada línea de producción. Estas fueron llamadas de la siguiente manera:

- ✓ **NET1:** Utilizada para crear las rutas de la línea de producción 1 hasta la zonas de almacenamiento.
- ✓ **NET2:** Utilizada para crear las rutas de la línea de producción 2 hasta la zonas de almacenamiento.

- ✓ **NET3:** Utilizada para crear las rutas de la línea de producción 3 hasta la zonas de almacenamiento.
- ✓ **NET4:** Utilizada para crear las rutas de la línea de producción 4 hasta la zonas de almacenamiento.

**3.6.2.3 Recursos:** Los recursos permanecen iguales, 4 montacargas utilizados para almacenar producto terminado desde las diferentes líneas de producción hasta las zonas de almacenamiento internas.

**3.6.2.4 Atributos:** Se utilizaron los mismos atributos del modelo original para realizar la aleatoriedad. Estos son at1 y att1.

En adelante todos los parámetros de este modelo permanecen iguales al modelo original.

Esta propuesta tiene por objeto que la empresa PETCO S.A. con ayuda de la empresa MONTACARGAS CASTRO & CIA LTDA, tome acciones correctivas para hacer de las bodegas zonas disponibles para almacenar, esto se puede lograr a través de las siguientes acciones:

- Que la rata de producción que tiene la empresa PETCO S.A. actualmente se disminuya de manera que la rata de salida (venta) sea superior y de esta forma se pueda ir desocupando las bodegas con los productos que no rotan.
- Otra solución se basa en que la empresa PETCO S.A. disponga de zonas externas que posee actualmente, como es el caso de un lote ubicado en las

áreas de COTECMAR. La idea es que todo ese producto que se encuentra en mal estado dentro de las bodegas sea desplazado a las zonas mencionadas anteriormente. Es importante mencionar que una gran proporción de la ocupación de las bodegas esta siendo utilizada por producto en mal estado. De esta forma se puede aprovechar de manera más eficiente las bodegas de almacenamiento de producto terminado.

En esta propuesta la simulación asume que los montacargas disponen de las bodegas para almacenar, es importante recordar que estas zonas se encuentran más cercanas a las líneas de producción, por lo tanto los indicadores que muestra la simulación del proceso describen mejores resultados para los equipos de montacargas. Esto se puede demostrar con el siguiente análisis. (ver cuadro 36.

Resultados de las Variables de Medición Propuesta 2)

**Cuadro 36. Resultados de las Variables de Medición Propuesta 2**

VARIABLES	TOTAL CHANGES	AVERAGE MINUTES		CURRENT VALUE
		PER CHANGE	MAXIMUM VALUE	
Toneladas Montcargas 1	75,00	6,35	75,00	<b>75,00</b>
Toneladas Montcargas 2	70,80	6,72	70,80	<b>70,80</b>
Toneladas Montcargas 3	154,00	3,10	96,25	<b>96,25</b>



Toneladas Montcargas 4	129,60	3,69	111,45	<b>114,45</b>
Dist-mont1	75,00	6,35	12330,00	<b>12330,00</b>
Dist-mont2	70,80	6,72	12014,00	<b>12014,00</b>
Dist-mont3	154,00	3,10	24769,00	<b>24769,00</b>
Dist-mont4	129,60	3,69	21169,00	<b>21169,00</b>

Al ver el cuadro anterior, el cual relaciona la medición de las variables del proceso de simulación, se pudo analizar que en cuanto a las toneladas transportadas y las distancias recorridas, los montacargas son aprovechados de una mejor manera, ocasionando que los equipos trabajen en forma más tranquila, se disminuya el maltrato que sufren, ya que las vías para circular hacia las bodegas se encuentran en las mejores condiciones. Las mejoras presentadas en esta propuesta son realmente beneficiosas para los equipos, esto se puede observar a continuación. (ver cuadro 37 Comparación de Indicadores Modelo Actual Vs Propuesta 2)

**Cuadro 37. Comparación de Indicadores Modelo Actual Vs Propuesta 2**

VARIABLES	CURRENT	CURRENT	MEJORA	PORCENTAJE
	VALUE	VALUE		
	MEJORA	ACTUAL		
Toneladas Montcargas 1	75,00	65,40	9,60	14,68%
Toneladas Montcargas 2	70,80	52,00	18,80	36,15%
Toneladas Montcargas 3	96,25	36,00	60,25	167,36%

Toneladas				
Montcargas 4	114,45	63,20	51,25	81,09%
Dist-mont1	12330,00	37979,40	25649,40	67,54%
Dist-mont2	12014,00	41549,40	29535,40	71,09%
Dist-mont3	24769,00	43851,80	19082,80	43,52%
Dist-mont4	21169,00	46391,60	25222,60	54,37%

Al comparar el modelo actual (segunda columna) con el propuesto (primera columna) los equipos en un turno de trabajo aumentan las toneladas transportadas hasta en 140 toneladas y en cuanto al ahorro de las distancias recorridas estas alcanzan hasta los 70 kilómetros por turno. Las mejoras anteriores indican que los equipos están siendo utilizados de manera más eficiente.

**3.6.3 Propuesta 3:** La propuesta número 3 consiste en asignar dos montacargas a cada línea de producción, es decir que los lotes de productos terminados serán almacenados por un grupo (dos equipos) de montacargas.

Para la construcción de este modelo se utilizaron 21 locaciones, 3 entidades, 4 redes, 8 recursos, 2 atributos y 12 variables, los cambios realizados en este modelo con respecto al modelo original serán descritos a continuación:

**3.6.3.1 Locaciones:** Las locaciones con respecto al modelo original permanecen iguales.

**3.6.3.2 Redes:** Este modelo necesito de 4 redes para los montacargas, cada montacargas ubicado en cada línea de producción. Estas fueron llamadas de la siguiente manera:

- ✓ **NET1:** Utilizada para crear las rutas de los montacargas 1 y 2 de la línea de producción 1 hasta la zonas de almacenamiento.
- ✓ **NET2:** Utilizada para crear las rutas de los montacargas 3 y 4 de la línea de producción 2 hasta la zonas de almacenamiento.
- ✓ **NET3:** Utilizada para crear las rutas de los montacargas 5 y 6 de la línea de producción 3 hasta la zonas de almacenamiento.
- ✓ **NET4:** Utilizada para crear las rutas de los montacargas 7 y 8 de la línea de producción 4 hasta la zonas de almacenamiento.

**3.6.3.3 Recursos:** Los recursos se duplican en este modelo debido a que en cada línea de producción se utilizan dos montacargas, estos están divididos así:

- ✓ **Montacargas 1 y Montacargas 2:** Ubicados en la línea de producción 1.
- ✓ **Montacargas 3 y Montacargas 4:** Ubicados en la línea de producción 2.
- ✓ **Montacargas 5 y Montacargas 6:** Ubicados en la línea de producción 3.
- ✓ **Montacargas 7 y Montacargas 8:** Ubicados en la línea de producción 4.

En el modelo los montacargas son llamados montacargas 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1 y 4.2, estos toman el nombre de montacargas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 respectivamente.

**3.6.3.4 Atributos:** Se utilizaron los mismos atributos del modelo original para realizar la aleatoriedad. Estos son at1 y att1.

En adelante todos los parámetros de este modelo permanecen iguales al modelo original.

Al correr el modelo en el Promodel de simulación, los resultados arrojados fueron los siguientes. (ver Cuadro 38. Resultado de las variables de medición Propuesta 3)

**Cuadro 38. Resultado de las variables de medición Propuesta 3**

VARIABLES	TOTAL CHANGES	AVERAGE MINUTES		CURRENT VALUE
		PER CHANGE	MAXIMUM VALUE	
Toneladas Montcargas 1	75,00	6,36	75,00	<b>75,00</b>
Toneladas Montcargas 2	70,80	6,75	70,75	<b>70,75</b>
Toneladas Montcargas 3	154,00	4,17	71,40	<b>71,40</b>
Toneladas Montcargas 4	129,60	3,84	107,70	<b>107,70</b>
Dist-mont1	75,00	6,36	45101,00	<b>45101,00</b>
Dist-mont2	70,80	6,75	53617,50	<b>53617,50</b>
Dist-mont3	154,00	4,17	86755,20	<b>86755,20</b>
Dist-mont4	129,60	3,84	93032,80	<b>93032,80</b>

Si estos resultados se comparan con el modelo actual, se presentan las siguientes mejoras. (ver Cuadro 39. Comparación de Indicadores Modelo Actual Vs Propuesta 3)

**Cuadro 39. Comparación de Indicadores Modelo Actual Vs Propuesta 3**

<b>VARIABLES</b>	<b>CURRENT VALUE PROPUESTO</b>	<b>CURRENT VALUE ACTUAL</b>	<b>MEJORA</b>
Toneladas Montcargas 1	75,00	65,40	9,60
Toneladas Montcargas 2	70,80	52,00	18,75
Toneladas Montcargas 3	96,25	36,00	35,40
Toneladas Montcargas 4	114,45	63,20	44,50
Dist-mont1	12330,00	37979,40	7121,60
Dist-mont2	12014,00	41549,40	12068,10
Dist-mont3	24769,00	43851,80	42903,40
Dist-mont4	21169,00	46391,60	46641,20

- Los montacargas que se encuentran en las líneas de producción de bolsas sueltas, es decir los equipos que aparecen en la tabla con los números 1 y 2, incrementaron las toneladas transportadas en 28.35 toneladas, esto significa que las zonas de espera de productos terminados se descongestionan en gran proporciones, así mismo la mejora contribuye a que los equipos trabajen sin presión, evitando que ocurran accidentes.

- En cuanto a los equipos número 3 y 4, los cuales toman los productos de las líneas de producción de Big Bag, presentan un aumento la carga transportada de 80 toneladas, es decir que con respecto al modelo actual la mejora es de un 80%. Así mismo es importante recordar que estas líneas manejan una mayor rata de producción, lo que en el modelo actual se ve representado en la ocupación de la zona de productos terminados (Big Bag), que con la propuesta de duplicar los equipos se libera en gran medida dicha zona.
- Con relación a las distancias, los resultados muestran que estas se duplican, esto quiere decir que los ocho equipos de la mejora trabajan al mismo ritmo que si solo existieran cuatro equipos en el sistema como lo muestra el modelo actual. Lo anterior significa que el sistema de producción en el proceso de almacenamiento de productos terminados, demanda mayor número de equipos de montacargas, permitiendo a estos bajar el nivel de los productos terminados que se encuentran en la zona de espera. Con respecto a los equipos estos trabajarían sin mayor presión para almacenar, se evitarían accidentes y los cuellos de botella generados se eliminarían.

Con respecto al uso de los recursos del sistema (montacargas), en el siguiente cuadro se puede observar que el porcentaje de utilización de los montacargas en el sistema son parejos.

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	Travel To Use	Travel To Park	% Idle	% Down
montacarga1.1	8	36.52	0.00	36.52	26.96	0.00
montacarga1.2	8	24.51	0.00	23.59	51.90	0.00
montacarga1	16	30.52	0.00	30.06	39.43	0.00
montacarga2.1	8	32.39	0.00	32.10	35.51	0.00
montacarga2.2	8	32.06	0.00	31.39	36.55	0.00
montacarga2	16	32.22	0.00	31.74	36.03	0.00
montacarga3.1	8	49.45	48.50	0.81	1.24	0.00
montacarga3.2	8	49.25	47.65	1.20	1.89	0.00
montacarga3	16	49.35	48.08	1.00	1.57	0.00
montacarga4.1	8	49.15	35.59	12.46	2.80	0.00
montacarga4.2	8	47.33	34.58	12.00	6.09	0.00
montacarga4	16	48.24	35.08	12.23	4.45	0.00

### 3.7 ANALISIS COSTO/BENEFICIO

De acuerdo a las propuestas establecidas en el trabajo como alternativas de solución al problema que actualmente tienen los equipos de Montacargas Castro & CIA LTDA dentro de la planta de producción PETCO S.A. en el proceso de almacenaje de productos terminados hacia las bodegas, brindamos a continuación un cálculo que permite disminuir los costos ocasionados por el manejo actual de los equipos y que afectan directamente a dos factores fundamentales: los costos de combustible y los costos de llantas.

Lo anterior se basa en tomar cada una de las alternativas propuestas (alternativa 1, 2 y 3) y determinar con el estado actual como se puede presentar mejoría representada en la reducción de los costos de mantenimiento.

Actualmente la empresa Montacargas Castro & CIA LTDA, maneja dentro de sus estadísticas los siguientes consumos asociados a sus respectivos costos:

ELEMENTO	FRECUENCIA POR EQUIPO	COSTO POR EQUIPO	COSTO TOTAL
Combustible	4 Galones/día	\$56.000	\$224.000

El costo total de combustible mensual es de \$6.720.000

ELEMENTO	FRECUENCIA POR EQUIPO	COSTO POR EQUIPO	COSTO TOTAL
Llantas 2	llantas/mes	\$400.000	\$1.600.000

El costo total de llantas mensual es de \$ 1.600.000. Para un **COSTO TOTAL DE \$ 8.320.000**

Al analizar este costo total con la distancia recorrida por los (4) equipos de montacargas, y la cual según la simulación del modelo actual es de 169.772 metros, es decir, un promedio por montacargas de 42.443 metros, lo que indica que por cada metro recorrido por montacarga mensual el costo es de \$ 50, entonces al analizar los datos de la mejora 1 con una distancia total recorrida 90.994 metros, lo que indica una reducción del 46.4% y lo que a su vez indica una reducción en costo de \$3.860.000. Lo anterior muestra lógicamente que si al reducirse las distancias en casi un 50%, los costos también disminuirán.

Por lo tanto las propuestas 2 y 3 donde también los kilómetros recorridos por los montacargas se reducen, hace que dichos costos también disminuyan. Esto permite concluir que al cambiar la logística de los equipos en el proceso de



almacenamiento de productos terminados se verá directamente una reducción de distancias y una reducción de costos, permitiendo dar el verdadero uso que deben tener los equipos.

## CONCLUSIONES

A través de la realización de este trabajo se determinaron las siguientes conclusiones:

- La técnica de simulación es una herramienta básica para las organizaciones, convirtiéndose en un poderoso instrumento que ayuda a Optimizar los procesos de las empresa, para el modelo analizado en este trabajo se pudieron crear alternativas de solución para los equipos de montacargas de la empresa MONTACARGAS CASTRO Y CIA LTDA. en la ejecución del proceso de almacenamiento realizados en la empresa PETCO S.A. en las zonas destinadas para almacenar productos terminados.
- También se pudo concluir que para llevar a cabo un proceso de simulación es necesario tener una imagen mental de todos los elementos que interactúan dentro de los procesos, de manera que puedan ser sensibilizados bajo las condiciones mas reales posibles.
- Al estudiar, analizar y diagnosticar la labor que realizan las empresa MONTACARGA CASTRO CIA LTDA y PETCO S.A. con los equipos de montacargas se pudo determinar que la herramienta de Simulación Promodel es un instrumento muy importante que permitió simular la situación actual de la empresa y proponer mejoras para un mejor desempeño de los equipos de montacargas. En cuanto a las mejoras

propuestas se maneja en común el concepto de optimizar el proceso bajo el mismo número de equipos de montacargas, esto se debe a que se maneja una propuesta pensando en mejorar la logística del uso de los equipos dentro de la planta de producción de PETCO SA. con iguales costos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- BLANCO, Luis Ernesto. FAJARDO PIEDRAHITA, Iván Darío. Simulación con PROMODEL. 1.ed. Santa Fe de Bogotá. Editorial Escuela colombiana de Ingeniería. 147 p.
- CASTRO, Gerardo. Manual de Procedimientos Administrativos y Mecánicos. Cartagena 1999. 100 p.
- GONZALES, Carlos. Manual de Procedimientos de Almacenamiento de Productos Terminados. Cartagena 2001. 200p.

# **ANEXOS**

**ANEXO A. Recolección de Información Análisis de Almacenamiento PETCO  
S.A**

RECORRIDO	CODIGO	TIPO DE PRODUCTO	CARGA TRANSP.	DISTANCI A (M)	TIEMPO (MIN)	# ESTIBAS/HR
PK-2K A BG 8(8003) A PK-2K	A	BOLSA SUELTA	1.25 TON	68.00	1.12	53.00
PK-3K A BG 4(445) A PK-3K	B	B.B	625 KGR	106.80	1.06	56.00
PK-2K A BG 8(8022) A PK-2K	C	BOLSA SUELTA	1.00 TON	168.00	1.48	40.00
PK-4K A BG 8(8067) A PK-4K	D	BOLSA SUELTA	1.00 TON	68.00	1.01	59.00
PK-2K A BG 4(401) A PK-2K	E	B.B	1250 KGR	140.00	1.50	40.00
PK-1K A VE(VE AA09) A PK-1K	G	BOLSA SUELTA	1.25 TON	798.00	5.22	11.00
PK-4K A BG 8(8011) A PK-4K	H	BOLSA SUELTA	1.00 TON	84.00	1.07	56.00
PK-13K A P9 (9008) A PK-13K	I	B.B	860 KGR	801.42	4.46	13.00
PK-4K A BG 8(8108) A PK-4K	J	BOLSA SUELTA	1.00 TON	336.00	2.05	29.00
PK-3K A P8 (8130) A PK-3K	K	B.B	860 KGR	348.00	3.88	15.00
PK-4K A BG8(8070) A PK-4K	L	BOLSA SUELTA	1.00 TON	84.00	1.07	56.00
PK-1K A B8(8114) A PK-1K	M	BOLSA SUELTA	1.25 TON	585.00	4.28	14.00
PK-12K A P9(9003) A PK-12K	N	B.B	860 KGR	760.80	4.35	14.00
PK-3K A BG4(458) A PK-3K	O	B.B	1250 KGR	114.00	1.72	35.00
PK-4K A BG 8(8038) A PK-4K	P	BOLSA SUELTA	1.00 TON	273.00	2.23	27.00
PK-3K A P3 A PK-3K	Q	B.B	1250 TON	285.50	3.02	20.00
PK-12K A P9(9005) A PK-12K	R	B.B	860 KGR	774.80	4.00	15.00
PK-4K A BG 8(8047) A PK-4K	S	BOLSA SUELTA	1.00 TON	351.00	2.66	23.00
PK-2K A P8(8226) A PK-2K	T	BOLSA SUELTA	1.00 TON	382.00	4.78	13.00
PK-2K A P9(9020) A PK-2K	U	BOLSA SUELTA	1.00 TON	867.00	12.33	5.00
PK-2K A P9(9007) A PK-2K	V	BOLSA SUELTA	1.00 TON	821.00	6.85	9.00
PK-2K A P9(9006) A PK-2K	W	BOLSA SUELTA	1.00 TON	814.00	7.40	8.00
PK-3K A BG4(445) A PK-3K	X	B.B	1250 KGR	106.80	2.68	22.00

BG: BODEGA

P: PATIO

VE: VIA ESFERA

**ANEXO B. Relación Toneladas Transportada – Recorrido Recolección de Información.** Análisis de Almacenamiento PETCO S.A.

<b>EFI.</b>	<b>TON/HR</b>	<b>TOTAL</b>	<b>RECORRIDO</b>
<b>TRANSPORTADA</b>	<b>DIST./HR</b>		
67.00		3642.9	PK-2K A BG 8(8003) A PK-2K
35.37		6045.3	PK-3K A BG 4(445) A PK-3K
40.54		6810.8	PK-2K A BG 8(8022) A PK-2K
59.40		4039.6	PK-4K A BG 8(8067) A PK-4K
50.00		5600.0	PK-2K A BG 4(401) A PK-2K
14.36		9172.4	PK-1K A VE(VE AA09) A PK-1K
56.07		4710.3	PK-4K A BG 8(8011) A PK-4K
11.56		10781.4	PK-13K A P9(9008) A PK-13K
29.26		9834.1	PK-4K A BG 8(8108) A PK-4K
13.29		5381.4	PK-3K A P8(8130) A PK-3K
56.07		4710.3	PK-4K A BG8(8070) A PK-4K
17.52		8200.9	PK-1K A B8(8114) A PK-1K
11.86		10493.8	PK-12K A P9(9003) A PK-12K
43.60		3976.7	PK-3K A BG4(458) A PK-3K
26.90		7345.3	PK-4K A BG 8(8038) A PK-4K
24.83		5672.2	PK-3K A P3 A PK-3K
12.90		11622.0	PK-12K A P9(9005) A PK-12K
22.55		7917.3	PK-4K A BG 8(8047) A PK-4K
12.55		4795.0	PK-2K A P8(8226) A PK-2K
4.86		4219.0	PK-2K A P9(9020) A PK-2K
8.75		7191.2	PK-2K A P9(9007) A PK-2K
8.10		6600.0	PK-2K A P9(9006) A PK-2K
27.98		2391.0	PK-3K A BG4(445) A PK-3K

## **ANEXO C. Información Referente al Diseño Operacional de los Montacargas**

Todos los montacargas están diseñados para transportar una carga específica con un factor de seguridad calculado, en distancias razonables. Cualquier sobrecarga o exceso de uno de estos términos tiene como resultado deformaciones y esfuerzos adicionales, que a su vez conducen a una falla prematura de los componentes. La falla prematura produce costos de mantenimiento excesivos. El tiempo ahorrado por sobrecargas en un montacargas nunca se puede justificar debido a lo excesivo de su costo.

Otro factor de suma importancia es la operación descuidada, pues esta puede causar muchos daños. Dejar caer las cargas, golpear los andenes, los patinazos o golpes contra topes, contribuyen a aumentar los costos de mantenimiento. Además es indispensable evitar el patinamiento de las llantas pues esto contribuye al deterioro de las mismas.

Dentro de los factores que influyen en la producción de fallas por exceso de recorrido en montacargas con su máxima carga tenemos:

- Desgaste prematuro en las llantas. El consumo de llantas excesivo es generalmente una indicación de sobrecarga.
- Excesivo consumo de combustible.
- Desgastes en rodamientos, balineras, acoples rígidos, etc., debido a largas distancias recorridas con su capacidad de carga máximo.



<b>ESPECIFICACIONES DE LOS MONTACARGAS</b>	
Capacidad Nominal	2,5 Ton
Distancia Permisible	30 mts redonda
Máxima Velocidad Permisible	10 Kmths/hr