

## CAPÍTULO 1

### GENERALIDADES

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La empresa a la que se hace mención en este estudio, está ubicada en la ciudad de Guayaquil y dedica su actividad comercial a la distribución de productos agroindustriales como son; productos cárnicos, productos de mar, productos preformados y embutidos.

Para esto se cuenta con un Centro de Distribución ubicado estratégicamente para la comercialización de sus productos dentro y fuera de la ciudad. La infraestructura de este Centro cuenta con cámaras frigoríficas para almacenar productos frescos y productos congelados; también cuenta con andenes de carga climatizados para mantener la cadena de frío de todos los productos, ya que es una empresa que garantiza vender productos de calidad.

Esta garantía ha traído muchos beneficios a la empresa como es el fortalecimiento, reconocimiento y aceptación en el mercado; y también, preocupada por la comunidad, brinda servicio y asesoramiento a pequeñas industrias en el área agroindustrial.

El Centro de Distribución inició sus actividades con 9 andenes de carga para la recepción y distribución de sus productos; 4 andenes para recepción y 5 para despacho; cuenta también con 9 cámaras frigoríficas de las cuales, 4 cámaras son para producto fresco, 4 cámaras para producto congelado y 1 cámara que se puede configurar para producto fresco y para producto congelado según la necesidad lo amerite.

El crecimiento paulatino de sus ventas ha ido reduciendo espacios en sus cámaras de almacenamiento, esto conlleva a poner controles para almacenar solamente lo necesario y las cantidades necesarias, manejando días de stocks por referencias, requiriendo los productos y cantidades necesarias para su distribución.

También se inició el alquiler de Cámaras frigoríficas fuera del Centro de Distribución que funcionaría como un anexo y se almacenarían en esta bodega el resto de producto que por la infraestructura no se puede recibir. El número de cámaras que se alquila depende de la variabilidad de la operación.

A inicios de este año la empresa fusionó las actividades de una filial de la misma compañía que distribuye productos de res y embutidos; este paso incrementó el volumen de distribución y el número de clientes visitados; también aumentó el número de camiones necesarios para su distribución.

Lo contraproducente es la reducción del espacio en cámaras para su almacenamiento, incremento de los cálculos de índices de stocks, reaprovisionamiento ideal de productos para su distribución; reducción de espacio físico en el momento del despacho de cada una de las rutas necesarias para su distribución. El incremento del número de rutas para la distribución de sus productos también afecta el horario de salida de los camiones.

Esto crea la necesidad de hacer un nuevo andén de carga, otro grupo de personas para despacho; la parte de control también se incrementa, tanto la revisión de inventarios, control de lotes, ubicación de productos según sistema FIFO, revisión de productos de retornos y devoluciones, incremento en control de documentos.

En el área de facturación también se incrementa sus actividades, tanto de impresión de documentos, control de facturas, se incrementa el proceso

informático en el sistema de la empresa para la generación de documentos de retornos y devoluciones.

En el área de Distribución se presentan incremento de clientes, creación de nuevas rutas, nuevos horarios preferenciales, incremento en la flota vehicular, aumento de personal para cubrir las rutas creadas; el espacio físico para la ubicación de los camiones se reduce y se incrementa las recargas por parte de los clientes.

El área de Trade Marketing también crece con el pasar del tiempo y el espacio disponible para la ubicación de los productos de promoción también se reduce y la labor del bodeguero aumenta.

En el Centro de Distribución se utilizan 38 camiones equivalentes a 38 rutas promedio para la comercialización de sus productos y se dividen en rutas de provincias, rutas de zonales o clientes APs, rutas de cobertura y de Autoservicio.

Paralelamente hay un Centro de Distribución de la misma empresa que distribuye productos secos; como arroz, conservas y alimento para animales. Utiliza 18 camiones equivalentes a 18 rutas para la comercialización de sus productos y se dividen de igual manera como se describe en el párrafo anterior.

### 1.1.1 JUSTIFICACIÓN.

Las actividades internas del Centro de Distribución han estado en constante innovación para adaptarse a los cambios que ha sufrido con el pasar de los años; estas innovaciones siempre han estado alejadas a la tecnología nueva que se puede ver en Centros de Distribución modernos y que han dado buenos resultados.

Actualmente existen nuevos métodos de trabajo, utilizando software, dispositivos mecánicos, estanterías, que minimizan tiempo y recursos con el objetivo principal de servicio hacia sus clientes.

En el desarrollo de este proyecto se pretende proyectar un nuevo Centro de Distribución con la infraestructura ideal y un sistema nuevo, tecnológico y sistemático que permita satisfacer las necesidades nombradas en el párrafo anterior, unificará este nuevo centro la distribución de los productos cárnicos y los productos secos.

Se contará con cámaras frigoríficas óptimas para el almacenamiento, con espacio suficiente para la ubicación de sus productos y poder controlar lotes y fechas de caducidad. Adicional, en este nuevo centro aumentará la capacidad de almacenamiento proyectando un crecimiento para 5 años.

## **1.2. OBJETIVOS.**

Entre los objetivos se detallan los Objetivos Generales y los Objetivos Específicos.

### **1.2.1. OBJETIVOS GENERALES.**

Proponer mejoras del diseño actual del proceso de despacho en un Centro de Distribución de una empresa distribuidora de productos cárnicos.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Modelar el proceso de despacho que debe tener un Centro de Distribución. Aumentar el nivel de servicio, proveyendo a sus clientes información en tiempo real y visibilidad de inventarios, el cual brindará una ventaja competitiva y apoyo tecnológico para el crecimiento del negocio.

Crear un modelo de simulación el cual presente un proceso de despacho ideal para la distribución conjunta de las operaciones que hacían los dos centros por separado anteriormente.

### 1.3. METODOLOGÍA.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará el programa Witness, herramienta que nos permitirá modelar un sistema de despacho ideal para este nuevo centro, aplicando recursos, tiempos y velocidades. Para ello tenemos información de tiempos, distancias, velocidad, tiempos de carga de camiones y descarga de camiones y contenedores, tiempos de descarga de contenedores en el día.

Este programa modela en tiempo real y permite visualizar movimientos, distancias y es muy didáctico para la interpretación de personas ajenas al mismo.

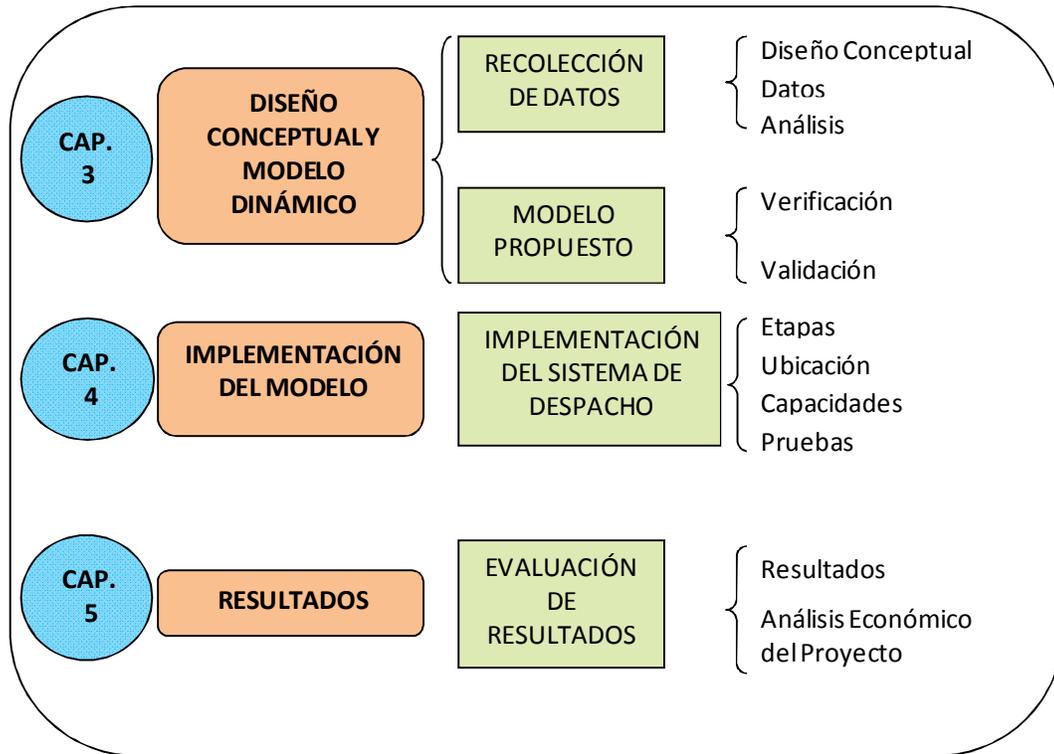
También se utilizará Análisis Estadístico llamado Staf-Fit, que permitirá evaluar las diferentes variables de entrada y salida en el proceso experimental.

Se utilizará también un modelo de validación como es la prueba T-STUDENT.

Para el análisis de los resultados obtenidos, se validará los mismos con el modelo BONFERRONI.

### 1.4. ESTRUCTURA DE LA TESIS.

Para ilustrar de mejor manera el tema a tratar en esta tesis, se muestra el siguiente cuadro que encierra el contenido del estudio realizado.



**FIGURA 1. Estructura de la Tesis**

La estructura de la tesis estará basada en estos tres puntales como es el Diseño Conceptual, la Implementación del modelo y la Evaluación de los Resultados.

En el diseño conceptual, se hace la recolección de datos, necesarios e importantes para el desarrollo del modelo dinámico. La información que se recopilará, será de carácter numérico y utilizaremos herramientas estadísticas para mostrar la mejora buscada y el beneficio que proporciona a la empresa; esto se hace con el Análisis Estadístico llamado Staff::Fit.

Se utilizará un software llamado WITNESS, el cual es un programa para simular procesos, utiliza variables de tiempo, distancia, velocidad; utiliza gráficos los cuales se pueden divisar cuando se corre el programa . Servirá para crear el modelo ideal de despacho en el Nuevo Centro de Distribución, pudiendo mejorar a medida que se lo va realizando y haciendo pruebas.

## CAPÍTULO 2

### ESTADO DEL ARTE

En el desarrollo del este tema se analizarán las técnicas que se usan para la sustentación del modelo que se aplicará, su principio, estudios realizados y estudios recientes.

#### 2.1. STAF::FIT.

El software estadístico de ajuste de distribución, Staf::Fit estadísticamente se ajusta a la distribución de análisis de datos de usuario. El método Staf::Fit se adapta automáticamente a distribuciones continuas y discretas, establece comparaciones relativas entre los tipos de distribución y da una medida absoluta de la aceptabilidad de cada distribución [2].

Staf::Fit puede ser usado para generar tablas de variables aleatorias usando su generador de números aleatorios.

Las características adicionales incluyen la estadística descriptivas, las estimaciones de parámetros, pruebas de bondad de ajuste, análisis gráficos y más. Ejemplos de aplicación incluyen la simulación y modelización, evaluación de riesgos, la ingeniería y le gestión financiera.

#### 2.2. DISTRIBUCIÓN DE SOFTWARE DE ADAPTACIÓN.

Staf::Fit estadísticamente se ajusta sus datos a la distribución de análisis más útil. Su funcionamiento es intuitivo, sin embargo, su archivo de ayuda es muy extenso. El Auto Fit función ajusta automáticamente distribuciones continuas, establece comparaciones relativas entre los tipos de distribución. La función de exportación se traduce en la distribución provista de formas específicas para el software de simulación.

Las características incluyen estadísticas descriptivas, las estimaciones de parámetros, pruebas de bondad de ajuste, análisis gráfico, la generación de variate azar, la exportación de productos de simulación y más.

Staf-Fit también incluye un visor de distribución que proporciona una visualización del proceso, así como la distribución de la configuración de la situación en la que existen pocos datos.

### 2.3. AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN.

Cuando se tiene datos empíricos relacionados con los costos, ingresos, o el tiempo, se pueden utilizar para generar una distribución estadística y utilizarlo en el análisis.



distribution	rank	acceptance
Normal[3.5, 0.894]	100	do not reject
Lognormal[-466, 6.15, 1.9e-003]	100.	do not reject
Uniform[1.43, 5.34]	0.377	do not reject

FIGURA 2. Ajuste de Distribución

### 2.4. DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS MÚLTIPLES.

Además del registro de riesgos, las incertidumbres de la Risky Project se puede representar utilizando distribuciones estadísticas. Risky Project utiliza la interfaz, se puede definir los márgenes para los parámetros de las tareas siguientes: duración, hora de inicio, el costo y el retraso entre sucesor y predecesor de la tarea.



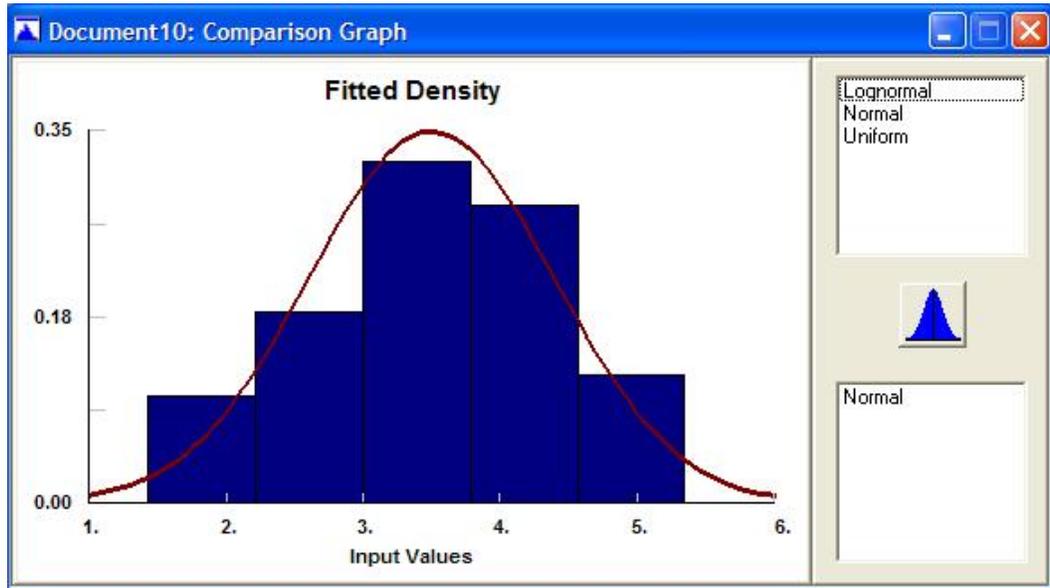


FIGURA 3. Distribuciones Estadísticas

Staf::Fit se llevará a los datos en bruto de las hojas de cálculo, archivos de texto, o la entrada manual y convierte los datos en la distribución adecuada para la entrada inmediata en el software Promodel. Se ajusta automáticamente a distribuciones continuas, compara los tipos de distribución y proporciona una media absoluta de la aceptabilidad de cada distribución.

## 2.5. WITNESS (SOFTWARE).

La simulación es una potente metodología que consiste en reproducir en un computador el comportamiento de un sistema de interés, de manera que facilite su estudio y análisis en situaciones en las que un análisis en la vida real no es posible o deseable (por ejemplo, por qué el sistema no exista aún, o porque su estudio real comportaría una disrupción demasiado costosa du su funcionamiento, etc [6].

Prácticamente cualquier sistema, entendiendo este como un conjunto de objeto y entidades, reales o virtuales, que interactúan entre sí siguiendo una lógica común, es susceptible de ser simulado; para ello se construye

un modelo sobre el cual se aplican y experimentan las situaciones para las que nos va a interesar conocer el comportamiento del mencionado sistema.

Un modelo es por tanto, una réplica construida, en nuestro caso mediante una herramienta informática de simulación por ordenador (computing simulation), que nos permitirá obtener las respuestas a las cuestiones que en la vida real necesitamos conocer para asegurar el funcionamiento, dentro de los parámetros de calidad y eficiencia requeridos de nuestro sistema.

## 2.6. INVESTIGACIONES RECIENTES.

A continuación se muestran investigaciones de procesos utilizando Simulación.

### 2.6.1. MODELO INFORMÁTICO DE SIMULACIÓN E INFORMACIÓN HIDROLÓGICA.

El principal objetivo de este trabajo es la propuesta de un método de estimación de las variables de precipitación, temperatura y evapotranspiración mensuales en una región, Andalucía en este caso, de fácil adaptación en un sistema de información. Para ello se identifican los patrones sinópticos por las formas de correlación y comportamiento climático, para aplicar las distintas metodologías sobre espacios homogéneos [10].

Una vez depurados los datos, se han comparado dos métodos sencillos de interpolación, estableciendo la media ponderada con la inversa de potencias de la distancia, o relacionando linealmente la precipitación y temperatura con la elevación, con tres métodos más elaborados, basados en la ge-estadística, como son el krigado basado en los residuos y el cokrigado y los resultados de modelos propuestos por otros autores, para la determinación del mejor método de estimación.

Se ha estimado la red óptima de estaciones dentro de las seleccionadas, caracterizando aquellas que son relevantes en la determinación de las variables en estudio y teniendo en cuenta también la distribución territorial.

Se han rellenado las series de estaciones que disponen de un registro histórico insuficientemente, con las series más extensas, para la homogenización de estas estaciones, estimándose las características de los periodos secos y los ciclos de sequía, con la información generada previamente.

Una vez identificado el estimador más adecuado y la información de las estaciones seleccionadas por su calidad, se ha planteado un modelo de información hidrometeoro lógica, herramienta que podría asesorar en la toma de decisiones técnicas o socioeconómicas respecto a los recursos hídricos.

### **2.6.2. SIMULACIÓN HÍBRIDA COMO NÚCLEO DE SIMULACIÓN DE APLICACIONES GRÁFICAS EN TIEMPO REAL.**

Las aplicaciones gráficas en tiempo real siguen un paradigma de simulación continuo acoplado. Este paradigma presenta diversos inconvenientes, entre ellos cabe destacar el bajo aprovechamiento de la potencia de cálculo de la máquina, la imposibilidad de definir la Q o S de cada objeto y mantenerla durante la ejecución o el acoplo de los procesos de todos los objetos del sistema; en particular el acoplo del proceso de visualización del sistema con el resto de procesos [11].

La tesis propone cambiar el paradigma de simulación de estas aplicaciones a un paradigma discreto desacoplado; este nuevo paradigma permite solucionar los problemas del paradigma anterior. Los objetos definen su propia Q o S independientemente del resto del sistema, incluso se permite definir diferentes Q o S para diferentes aspectos del propio objeto.

Entre estos objetos, está el objeto visualizador, destinado a controlar el proceso de visualización; el objeto visualizador también define su propia Q o S. En el sistema discreto desacoplado cada objeto consume únicamente la potencia de cálculo estrictamente necesaria para llevar a cabo su simulación con la Q o S definida.

Para ello, la potencia de cálculo del sistema se reparte entre los objetos en función de sus necesidades. El sistema puede adaptarse dinámicamente, redefiniendo la Q o S de los objetos en función de las condiciones de la ejecución del sistema. Los objetos pueden degradar o mejorar su comportamiento durante periodos de la ejecución para evitar colapsos del sistema o para mejorar el comportamiento del sistema.

### 2.6.3. ALEPH: SIMULACIÓN REALISTA DE LA ILUMINACIÓN GLOBAL MEDIANTE TÉCNICAS DE MONTECARLO Y PROCESADO PARALELO.

Esta tesis doctoral ha sido desarrollada en el marco de las actividades de I+D+I que el Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA) de la Universidad de Zaragoza realiza en relación con la Simulación de la Iluminación. En la línea de trabajo de esta tesis, los diferentes temas de investigación se pueden englobar dentro de dos campos [12].

- El de los Gráficos por Computador, en el que existen multitud de técnicas desarrolladas para llegar altísimos niveles de realismo en la generación de imágenes sintéticas.
- El de la Luminotecnia, disciplina cada día más importante en el ámbito industrial y en el que las técnicas se han centrado siempre en el cálculo preciso de la iluminación.

El trabajo que se presenta en esta memoria de Tesis Doctoral está dedicado al estudio y análisis de las técnicas de simulación del proceso de iluminación global en entornos complejos y a la mejora de métodos que se utilizan en dicho campo, tanto teórica como computacionalmente.

Ha servido para analizar las técnicas de dos campos de investigación actuales, la Luminotecnia y los Gráficos por Computador; ambas disciplinas se complementan, pero la necesidad de conjugarlas no ha aparecido hasta los últimos años.

La investigación desarrollada en la tesis comprende:

- El estudio de las necesidades de un sistema de simulación de la iluminación tanto de cara a la industria Luminotécnica, como de cara a la generación de imagen sintética.
- La selección de las técnicas de cada área más apropiadas para la construcción de un sistema de simulación avanzado.
- La mejora de dichas técnicas para eliminar sus limitaciones.
- La construcción de un sistema de investigación que permita la experimentación de laboratorio con nuevas técnicas.

El sistema ha construido como resultado de la presente tesis, ha sido el entorno denominado ALEPH (Advanced Lighting Environment for Photorealism). Dicho sistema incorpora características novedosas respecto a otros sistemas, como la capacidad de manejar magnitudes físicas reales propias de la Luminotecnia (como la radiancia, la luminancia y las BRDFs) y combinarlas con técnicas propias de los Gráficos (Como las texturas, o los mapas de normales).

Este nuevo sistema ha sido validado de una forma rigurosa; es una herramienta que se puede usar para obtener tanto imágenes como datos cuantitativos, ha sido ampliamente utilizado en multitud de aplicaciones tanto de investigación como industrias que se han presentado en la tesis.

#### **2.6.4. MODELO DE SIMULACIÓN DE DEFORMACIONES DE OBJETOS BASADOS EN LA TEORÍA DE LA ELASTICIDAD.**

Este trabajo presenta un modelo físico basado en la teoría de la elasticidad, que consigue simular deformaciones realistas sobre objetos construidos mediante mallas poligonales. El modelo presentado en este trabajo tiene como finalidad ser un modelo válido para aquellas aplicaciones que precisen simular el comportamiento real desde el punto de vista físico [13].

Por ello el principal problema a resolver será encontrar un modelo fiable (aceptable en cuanto a resultados y tiempo de cálculo) que sea capaz de reflejar en un objeto efectos de deformación que se sustenten en las leyes de la mecánica clásica y en las bases de la teoría de la elasticidad.

El objeto final es aplicar el modelo en técnicas de visualización, animación y gráficos por ordenador; la simulación obtenida por el ordenador y la deformación real deben ser lo más parecida posibles y la solución debe ser alcanzada en tiempo real, o en su defecto, en un coste de tiempo aceptable según el uso de la aplicación (animación, realidad virtual, etc.).

La plataforma software de las aplicaciones está encuadrada dentro de la categoría de Open Source; además esta utiliza librerías de visualización de alto rendimiento (basadas en OpenGL) y posee un enfoque computacional distribuido, lo que provee a la aplicación resultante de una serie de ventajas adicionales:

1. El sistema presenta una alta portabilidad.
2. Un alto nivel de eficiencia computacional (lineal).



*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

**espacho de Productos  
ión Dinámica**

**Maestría en Control  
de Operaciones y  
Gestión Logística**

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

3. El modelo es totalmente paralelizable.
4. Gran cantidad de aplicaciones viables; generación de animaciones de deformaciones, realidad aumentada, industria, etc.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO CONCEPTUAL Y MODELO DINÁMICO

#### 3.1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO DINÁMICO

El diseño conceptual del modelo se basa en el comportamiento de los equipos antes y después de propuestas ejecutadas y por ejecutar en el proceso de despacho en una compañía de distribución de tamaño promedio, con una flota de distribución de 40 vehículos, una capacidad de almacenamiento de 450 ton/día y una capacidad de despacho inicial de 80 ton/día máximo.

Este proceso se desarrolla dentro de un ambiente refrigerado el cual influye en el comportamiento de las personas y de equipos ocasionándoles algunos paros por mantenimiento.

##### 3.1.1. DEFINICIÓN DEL SISTEMA.

El sistema está definido por todo el conjunto descrito a continuación.

**Sistema:** Operaciones de la Empresa de Estudio, específicamente la operación de despacho, desde que baja el producto de los racks, se mueven por las instalaciones, son pesados y cargados al vehículo de red secundaria.

**Entidad:** Los artículos a despacharse en la operación.

**Atributo:** El peso de cada entidad.

**Actividad:** Proceso desde que se baja una entidad hasta que llega a su destino final.

**Máquinas:** Elemento que representa a los racks y a las balanzas en la operación de traslado de una entidad, desde los racks hasta las balanzas.

**Vehículos:** Son los que trasladan los elementos o entidades a través del proceso, estos pueden ser paletizadoras o montacargas.

**Cola:** Acumulador donde se transfiere la carga entre vehículos

**Variables de estado:** Mejorar el tiempo de despacho, es decir las horas trabajadas y las toneladas a distribuir.

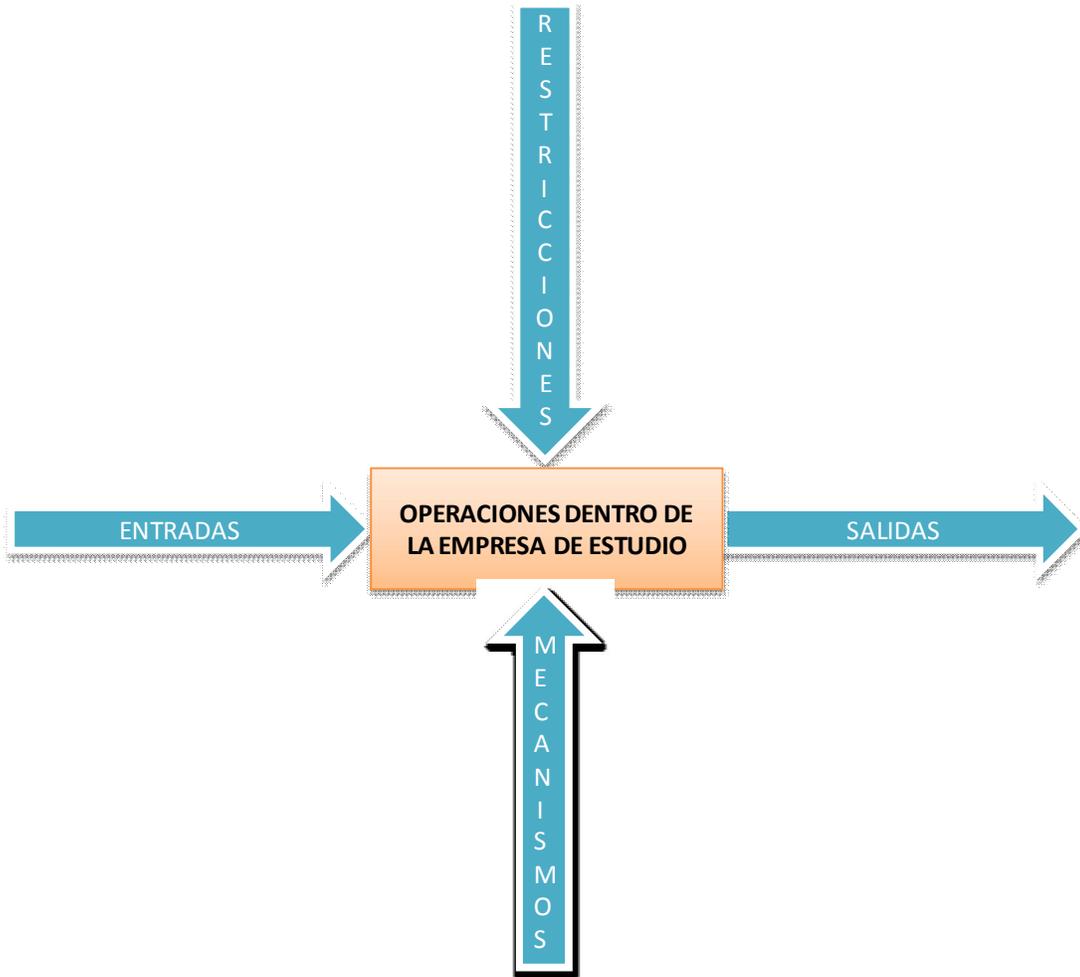


Figura 4. Diagrama BOX del sistema

**Entradas:** Como entradas se tiene los siguientes datos:

- Horarios de despacho
- Programación de Despachos



**Restricciones:** Las restricciones encontradas son las siguientes:

- Capacidad de transporte de los vehículos.
- Horarios de trabajo del personal.
- Velocidad de los vehículos de despacho.
- Dimensiones de las instalaciones.
- Cantidad de equipos disponibles.

**Mecanismos:** Los mecanismos que intervienen son los siguientes:

- Montacargas Electro-Hidráulico
- Paletizadoras mecánicas
- Paletizadoras Electro-Hidráulicas
- Elevadores Electro-Hidráulicos
  - Elevadores Mecánicos
  - Personal operativo para el manejo de montacargas y paletizadoras

**Salida:** Las salidas del sistema son:

- Numero de rutas atendidas.
- Numero de toneladas despachas.

El proceso de despacho inicia con la recepción de pedidos de los diferentes canales que cuenta la compañía, estos se procesan y se cruzan con el inventario de productos del Centro de Distribución y se generan las ordenes de ventas; con esta información se programan las rutas de despacho de acuerdo al volumen, ubicación y canales de comercialización.

Los ruterios generados se envían a bodega para iniciar la programación de camiones a utilizar para la distribución y también se inicia el proceso de transporte de productos a las diferentes balanzas según lo que requiera cada una.

Con el producto requerido en cada balanza se inicia el pesaje, cada ruta tiene programado un número de clientes según la cantidad, volumen, horario y direcciones que estén en el territorio a atender. Se realiza el picking por cada cliente según un orden de entrega y se ingresa al camión programado. A continuación un gráfico.

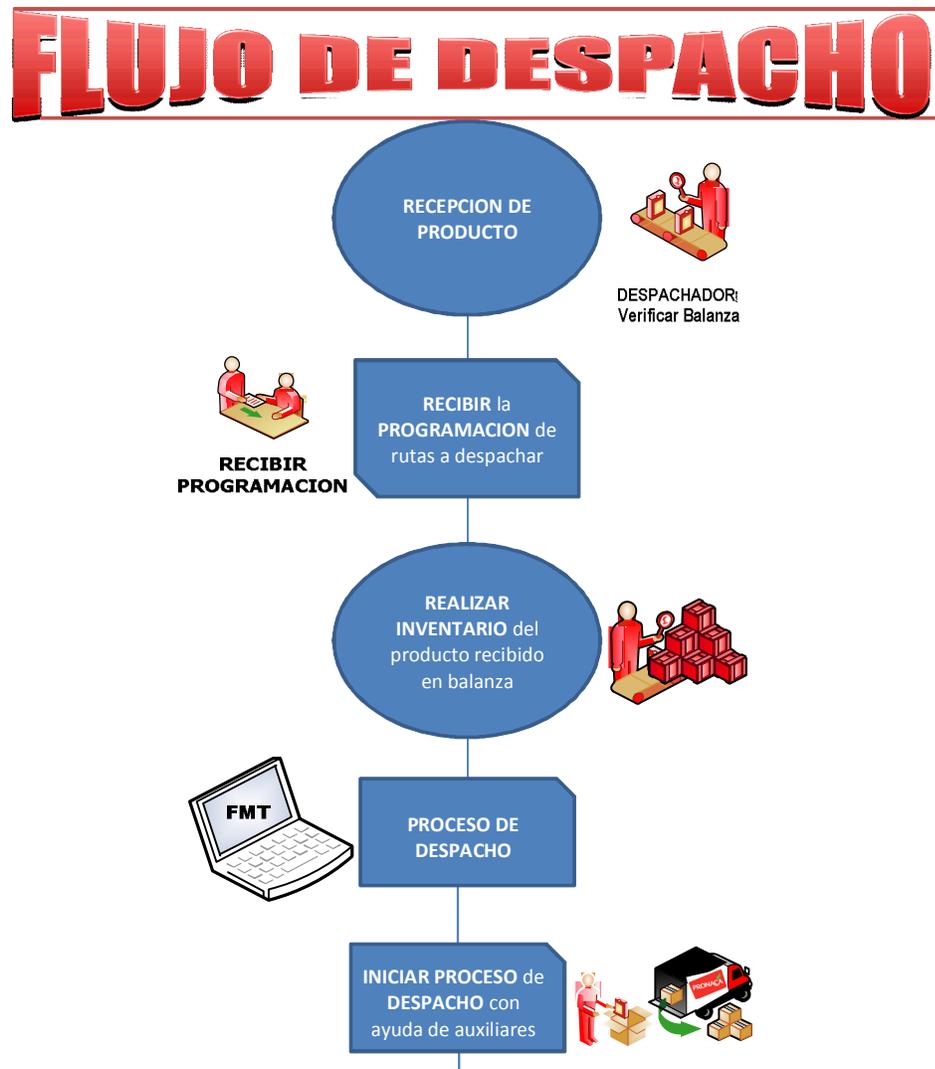


Figura 5. Flujo de Proceso de Despacho

### 3.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La recolección de datos del proyecto está fundamentada en la observación del comportamiento de las personas y de los procesos que se desarrollan en la bodega.

#### 3.2.1. MEDICIONES Y FACTORES

Las mediciones que se ejecutará en el sistema son las siguientes:

##### **Tiempo de Desmontaje de producto**

En el proceso de despacho se procede a tomar datos de, cuánto tiempo el operador del montacargas se demora en bajar el producto y clasificarlo para poder llevarlo hacia el punto de abastecimiento y el tiempo que le toma este traslado hasta el punto donde hay una cola, donde la tomará el siguiente equipo en el proceso.

**TABLA 1**

**Tiempos de Picking en cada Balanza**

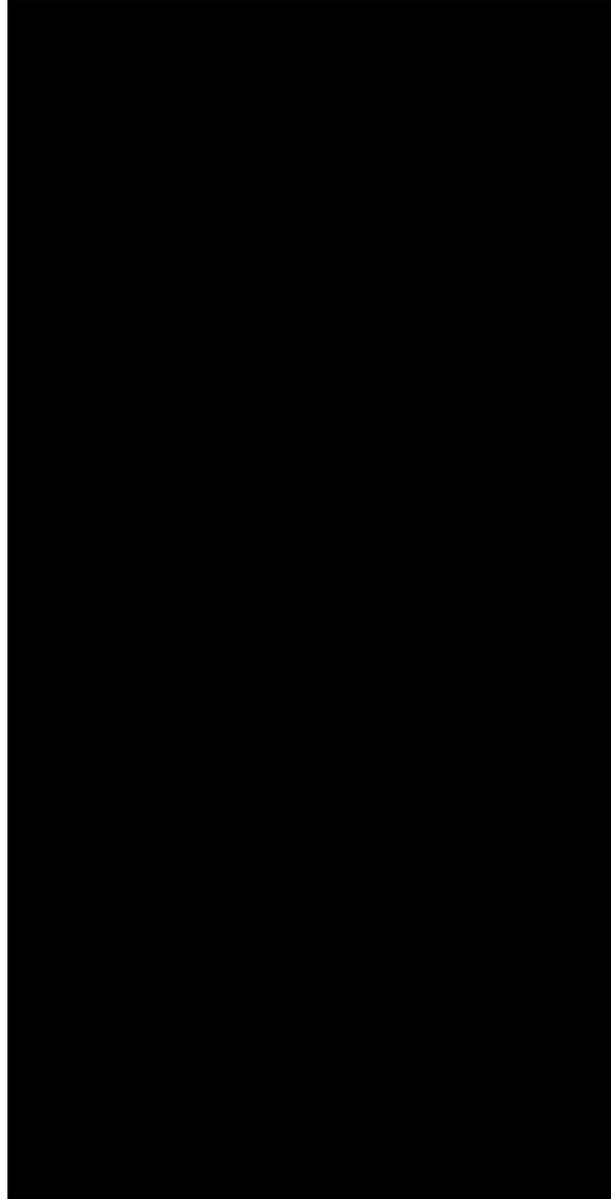


En la tabla se muestran 50 observaciones de tiempos que se demora la clasificación, picking y montaje de productos en la paletizadora mecánica-manual. El número de observaciones (50) se tomó, porque se desconoce la distribución que hay en esta actividad y la misma se asume que es normal.

**Tiempo de Pesaje del producto:** Este es un punto importante, en el cual el personal clasifica y ordena el despacho según la ruta y el orden emitida por el enrutador programable que se usa en la compañía, la cual debe seguir un estricto ordenamiento, puesto que esto le ha asignado el ruteador, de forma dinámica, con el objetivo de maximizar la capacidad del vehículo y minimizar el tiempo muerto en el retorno al final de la ruta. Este tiempo es muy importante, ya que da como resultado el número de rutas a despachar y el número de horas laboradas del personal.

TABLA 2

Tiempo de Pesado de cada Balanza

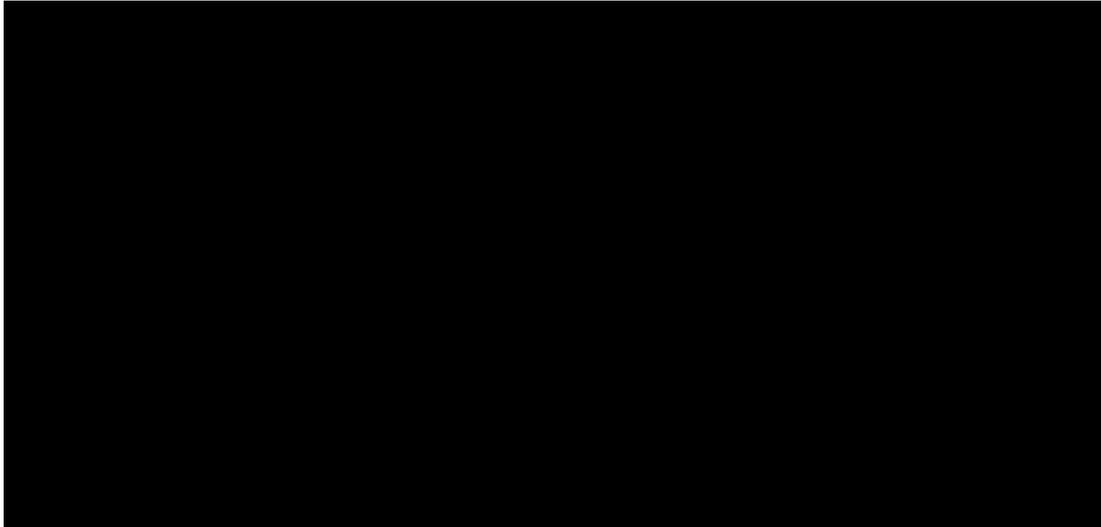


**Ventas:** Las ventas de la compañía serán tomadas de los datos de ventas reales que se almacena en el sistema de información, datos diarios recopilados durante 6 meses.

Aquí los datos:

### TABLA 3

#### Ventas de Productos de Enero a Julio de 2009



Estos datos posteriormente serán analizados para encontrar la metodología de relacionarlos y hallar una distribución que represente las ventas.

### 3.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS

#### 3.3.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL DESMONTAJE DE LOS RACKS Y CAPTURA DEL PRODUCTO.

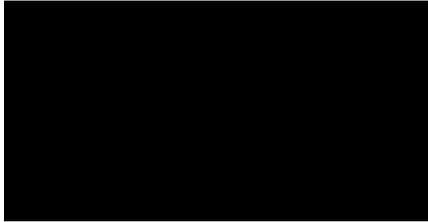
La localización del producto se hace de forma manual, el ruteador le entrega a los distintos despachadores el listado de productos a despachar por rutas, estos los ubican en las distintas cámaras de mantenimiento dentro del almacén.

Una vez localizado el producto este lo envía mediante un equipo hidráulico conocido por su nombre en inglés Palletjack, que es un elevador de cargas manual, este equipo es manipulado por 2 personas, puesto que su capacidad es de 2 toneladas y media. Este se desplaza desde la cámara hasta la balanza que captura el peso y es depositado en orden según la hoja de ruta en el camión.

El tiempo que se demora en ubicar el producto, el cual se mide en el sitio y arroja el siguiente resultado:

**TABLA 4**

**Tipo de Distribuciones obtenidas en cada Cámara**

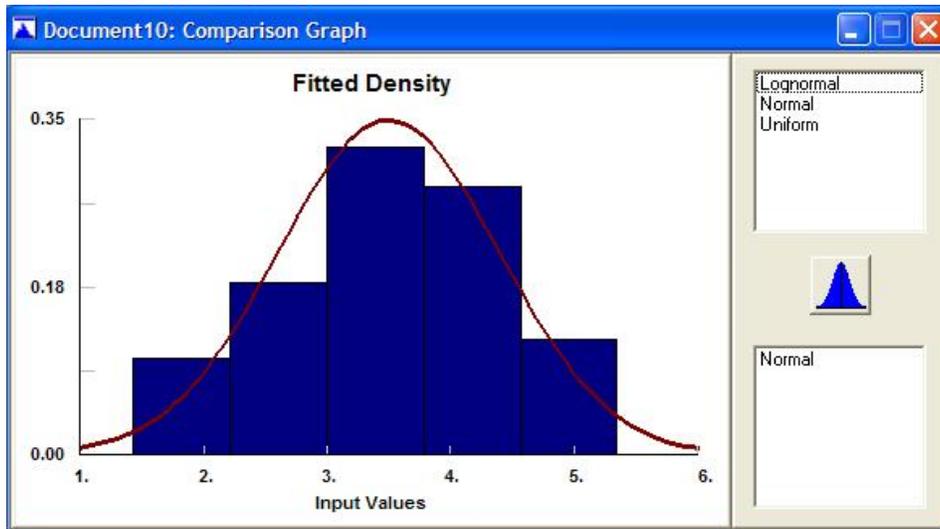


La búsqueda de la distribución que se ajustaba mejor, se realiza con el programa comercial Stat::Fit de Mountain Gear .



distribution	rank	acceptance
Normal(3.5, 0.894)	100	do not reject
Lognormal[-466, 6.15, 1.9e-003]	100.	do not reject
Uniform[1.43, 5.34]	0.377	do not reject

**Figura 6. Resultados de la distribución de la cámara 1.**



**Figura 7. Resultados de la curva de la cámara 1.**



<b>Normal</b>			
mean	=	3.49692	
sigma	=	0.894314	
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>			
data points			50
ks stat			4.9e-002
alpha			5.e-002
ks stat(50,5.e-002)			0.188
p-value			0.999
result			DO NOT REJECT
<b>Anderson-Darling</b>			
data points			50
ad stat			0.122
alpha			5.e-002
ad stat(5.e-002)			2.49
p-value			1.
result			DO NOT REJECT
<b>Uniform</b>			
minimum	=	1.429	
maximum	=	5.342	
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>			
data points			50
ks stat			0.176
alpha			5.e-002
ks stat(50,5.e-002)			0.188
p-value			7.91e-002
result			DO NOT REJECT
<b>Anderson-Darling</b>			
data points			48
ad stat			2.53
alpha			5.e-002
ad stat(5.e-002)			2.49
p-value			4.77e-002
result			REJECT

Figura 8. Resultados de los datos obtenidos de la cámara 1.

Aquí se aprecia que la prueba Anderson-Darling (A\_D) y Kolmogorof-Smirnof (K\_S), son superadas por la distribución normal, la que finalmente es seleccionada.

De la misma forma se procede con las siguientes cámaras, llegando al resultado arriba descrito con lo que quedan aceptadas las distribuciones.

### 3.3.2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LAS BALANZAS.

De la tabla de datos # 2, se toma la información y se procesa el análisis de los datos, para esto se utiliza el software estadístico Statu Fit.

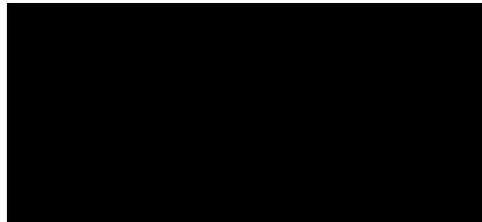
Realizando el análisis con el programa Stat::Fit se obtiene los siguientes resultados bajo estos parámetros de análisis :

- Pruebas de aceptación de K\_S
- Prueba de aceptación de A\_D

Ambas pruebas con un nivel de confianza del 95%; los resultados obtenidos para las distribuciones fueron:

**TABLA 5**

**Datos obtenidos de las pruebas realizadas**



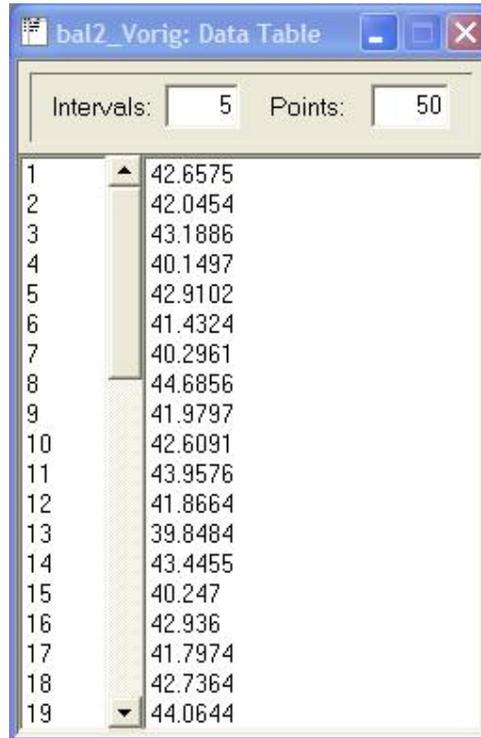
En base a estas distribuciones se comprueba el modelo.

Se muestra cual fue el proceso seguido para hallar estas distribuciones:

- a.- Se obtiene los resultados vía observación y toma de dato in situ.
- b.- Con ayuda de Stat::Fit, se procesa los datos bajos los parámetros descritos.
- c.- Se selecciona las posibles funciones que se acerquen a los datos, según la estadística descriptiva.

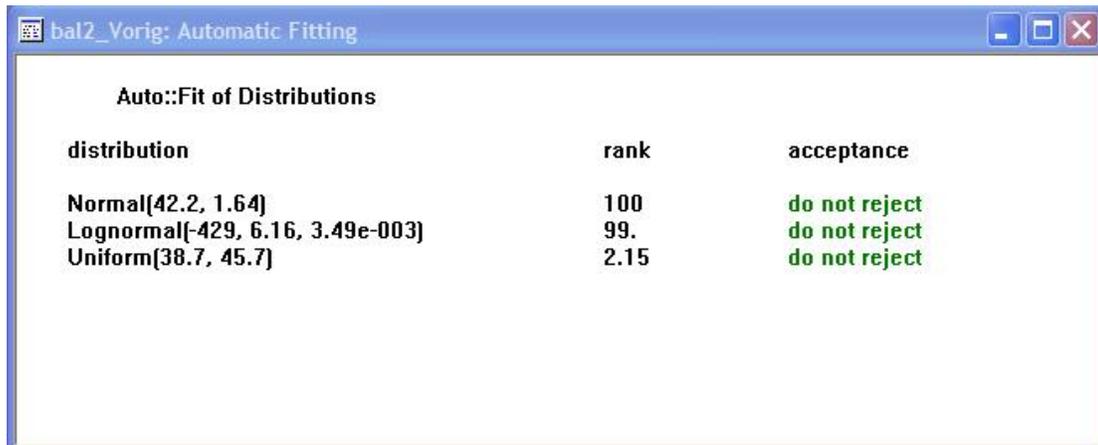
Se aprecia la selección de la distribución de las balanza 2

El ingreso de datos



Interval	Points
1	42.6575
2	42.0454
3	43.1886
4	40.1497
5	42.9102
6	41.4324
7	40.2961
8	44.6856
9	41.9797
10	42.6091
11	43.9576
12	41.8664
13	39.8484
14	43.4455
15	40.247
16	42.936
17	41.7974
18	42.7364
19	44.0644

Figura 9. Resultados obtenidos con el software Stat::Fit



distribution	rank	acceptance
Normal(42.2, 1.64)	100	do not reject
Lognormal[-429, 6.16, 3.49e-003]	99.	do not reject
Uniform[38.7, 45.7]	2.15	do not reject

Figura 10. Resultados de la prueba realizada

Se selecciona los resultados de la distribución Normal (42,2 . 1,64); es decir la de menor valor K\_S y A\_D.

<b>Lognormal</b>		
minimum	=	-428.888
mu	=	6.15514
sigma	=	3.48543e-003
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>		
data points		50
ks stat		8.83e-002
alpha		5.e-002
ks stat(50,5.e-002)		0.188
p-value		0.798
result		DO NOT REJECT
<b>Anderson-Darling</b>		
data points		50
ad stat		0.309
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.931
result		DO NOT REJECT
<b>Normal</b>		
mean	=	42.2455
sigma	=	1.64203
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>		
data points		50
ks stat		8.76e-002
alpha		5.e-002
ks stat(50,5.e-002)		0.188
p-value		0.805
result		DO NOT REJECT
<b>Anderson-Darling</b>		
data points		50
ad stat		0.308
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.932
result		DO NOT REJECT

Figura 11. Resultados de la prueba realizada

En esta ocasión el resultado para el tiempo que se demora un despachador con su equipo en llenar una ruta de 4 toneladas sigue una distribución normal con media 42,5 minutos y una desviación estándar de 1.64 minutos, con un nivel de confianza del 95%.

### 3.3.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LAS VENTAS.

Bajo las mismas consideraciones, se realiza el análisis de datos de las ventas de esta compañía, estos datos representan los 6 primeros meses de venta reales del año, recopilados por el sistema de información de la compañía. Estos datos son estocásticos por lo que se busca su distribución.

Para esto se realizan las siguientes pruebas:

- Nivel de confianza en las pruebas del 95%
- Pruebas de aceptación de Kolmogorof . Smirnof
- Prueba de aceptación de Anderson . Darling.

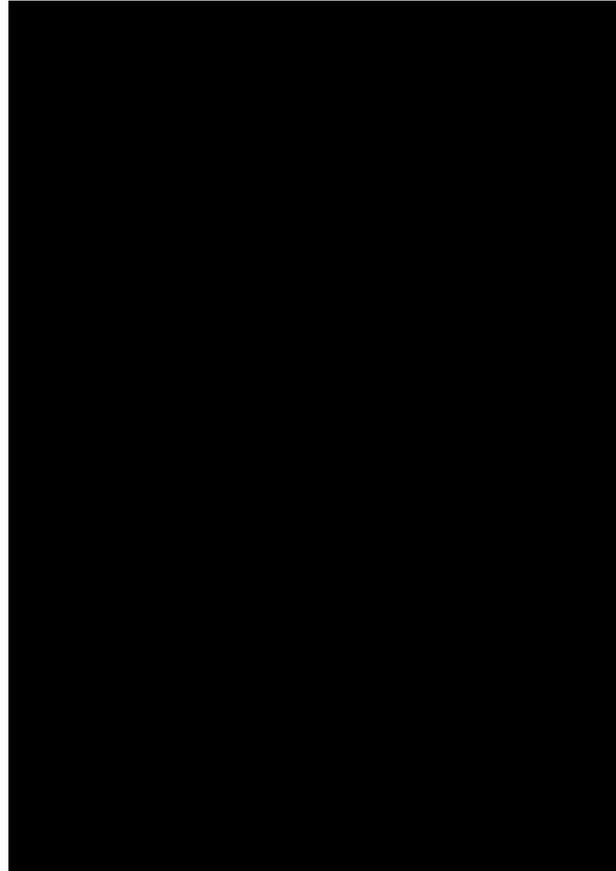
Como complemento de la prueba primera.

Las pruebas se realiza con 50 datos que permite el Stat:fit, software que se utiliza en este estudio:

Con los datos de Marzo-Abril

**TABLA 6**

**Datos de Ventas de Marzo y Abril de 2009**



Utilizando el Stat::Fit, se obtienen los siguientes datos:

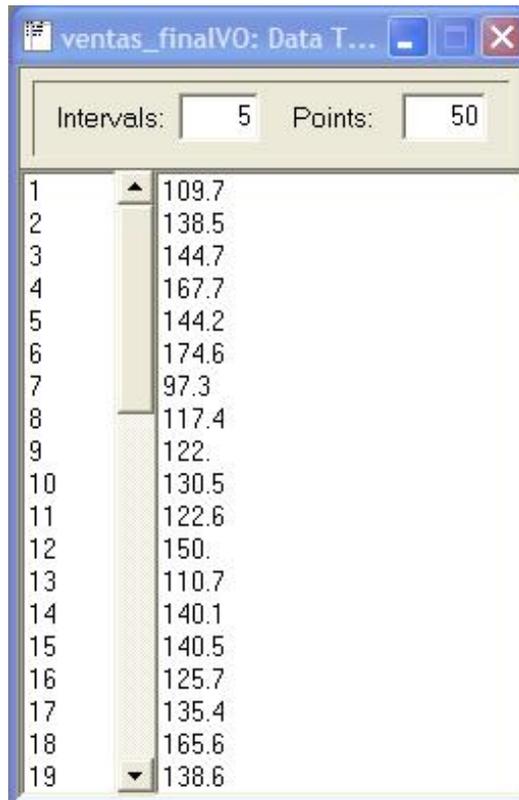


Figura 12. Ingreso de datos de Ventas al Software Stat::Fit  
Se obtiene

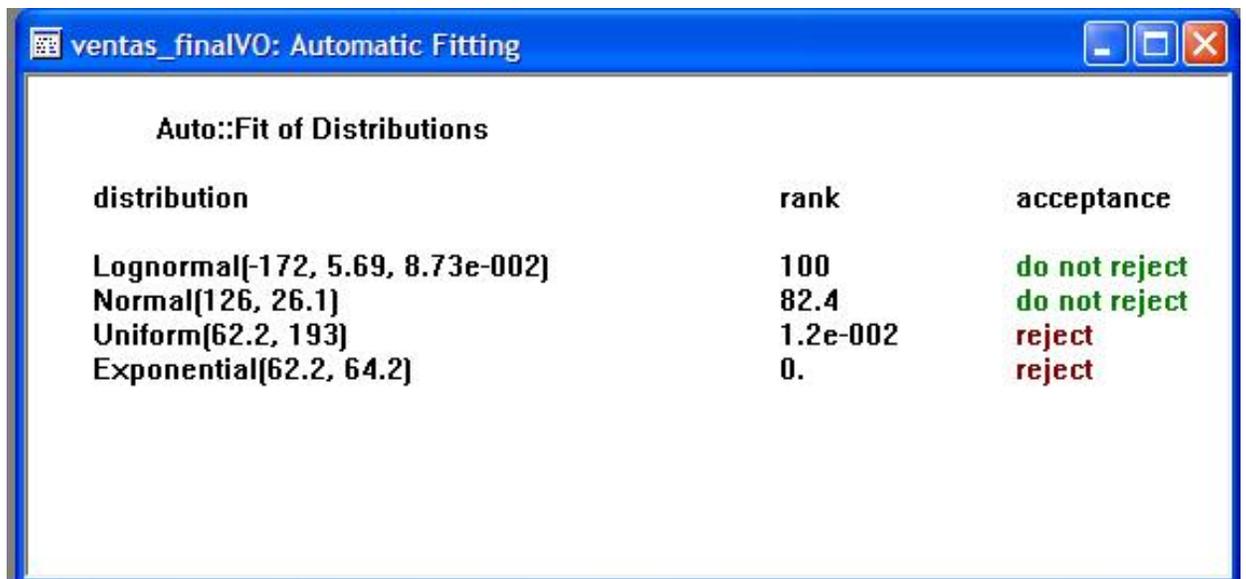


Figura 13. Resultados de los datos ingresados

De los resultados obtenidos se escoge la Distribución Normal que se muestra a continuación:

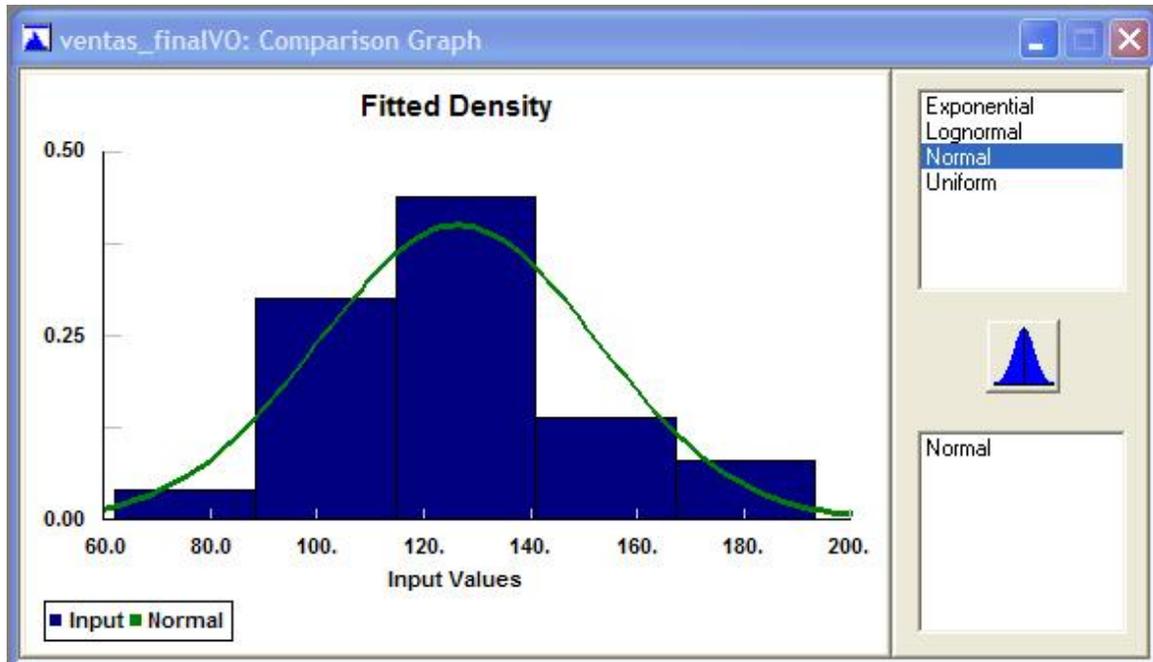


Figura 14. Gráfica obtenida con la Distribución Normal

De lo que se obtiene la curva normal, que mejor se ajusta al modelo de ventas, la que sería un distribución Normal (126,1,26,1). Para verificarla definitivamente, se utiliza el programa Cristal ball, utilizando 6 meses de ventas de la compañía.



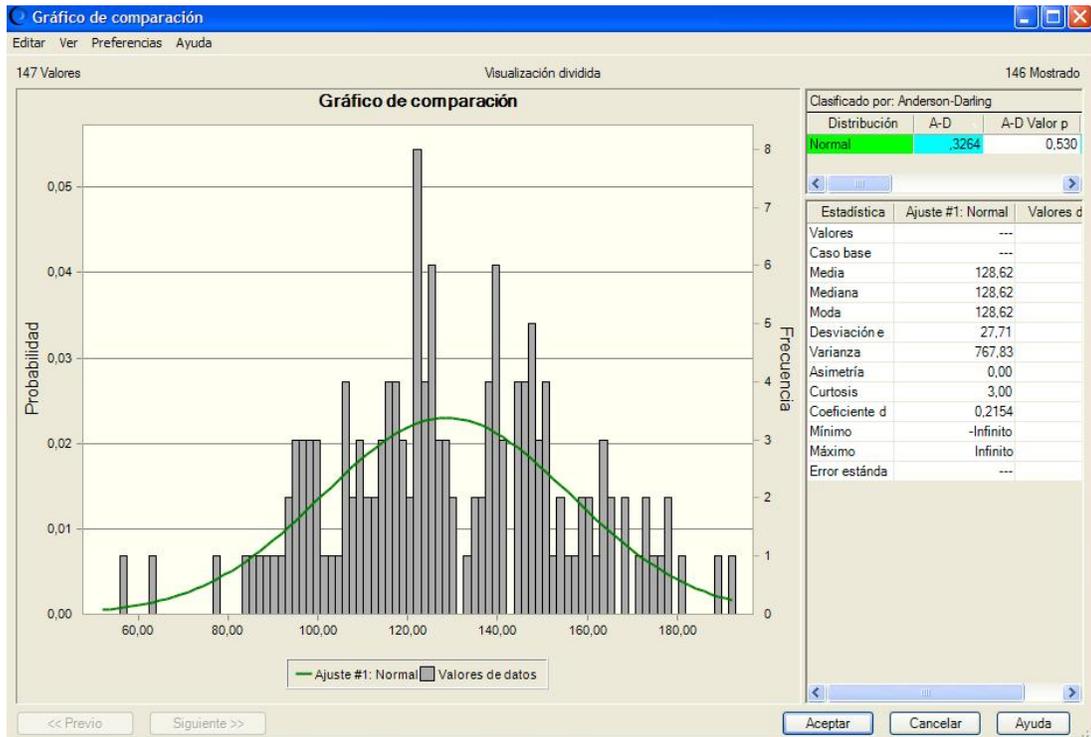


Figura 15. Curva obtenida utilizando el Software CRISTAL BALL

Se observa que la distribución ajustada a la normal por el software Crisall Ball, se acerca mucho a la encontrada por Stat::Fit, por lo cual se da por aceptada.

### 3.4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Para la construcción del modelo se tomará en cuenta las características físicas y operacionales dadas en el Centro de distribución de la compañía en estudio, que es de distribución de productos de consumo masivo.

El modelo contiene los siguientes elementos y asunciones para facilitar el análisis:

a.- Cámaras, cuya característica para el análisis es que tienen capacidad infinita, lo que ayudará a tener un abastecimiento continuo a lo largo de la simulación.

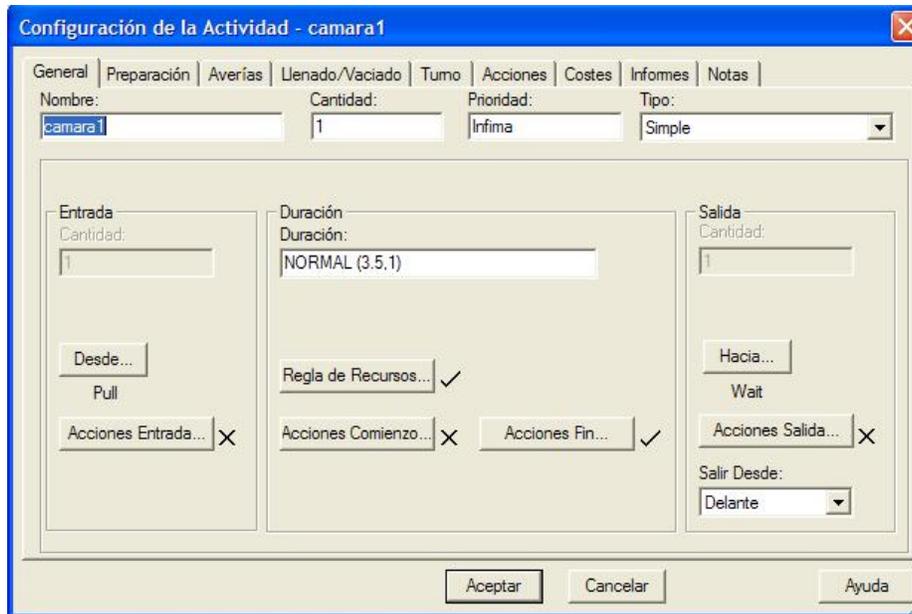


Figura 16. Configuración de las cámaras en el Software Witness

b.- Paletizadoras o palletjack, estos equipos son los vehículos con los que se transporta el producto, la velocidad que puede imprimir este equipo bajo ciertas características físicas de la instalación es de 4,5 km/h, este equipo es manual e hidráulico y es operado por 2 personas, la capacidad de carga máxima de diseño es de 2,5 toneladas, pero se cargará máximo con 2 toneladas.

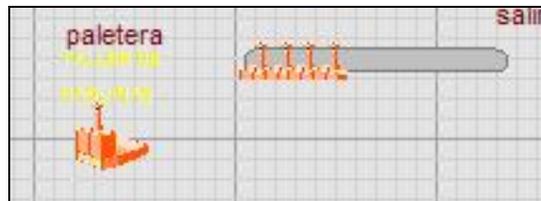


Figura 17. Gráfica de paletizadoras a utilizar

c.- Calles o tracks, son los caminos por donde se desplazan los vehículos, para darle un ordenamiento se limitará a una capacidad de 1 vehículo por entrada o salida.

Existen 2 tipos de tracks o calles, las que son de entrada hacia la cámara y las de salida que van desde las cámaras hasta las balanzas. Las primeras miden 10 mts y las segundas miden 12 mts.



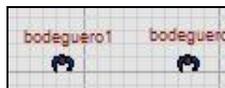
**Figura 18. Gráfica de tracks o calles a ser utilizadas en la simulación**

d.- Balanzas, estos son elementos importantísimos en el desarrollo de la simulación, puestos que estos son los que clasifican, pesan las rutas y cargan los vehículos, definen finalmente las rutas.



**Figura 19. Gráfica de balanzas a utilizar**

e.- Bodegueros, representan al personal que trabaja dentro de la cámara ubicando y mandando el producto hacia las balanzas por medio de los vehículos.



**Figura 20. Gráfica de bodeguero**

f.- Despachadores, son muy importantes, pues ellos operan las balanzas, capturan el peso y permite la carga de los vehículos.



**Figura 21. Gráfica de Despachadores**

g.- El departamento de información, que envía las ordenes de carga a los bodegueros y despachadores.

h.- Shift u horarios, estos están basados en el histórico por 6 meses de los horarios promedio trabajados por el personal los diferentes días de la semana.

i.- Las variables de control, que son el numero de rutas y principalmente el número de toneladas despachadas que son las que finalmente validarán el modelo.

h.- Por último las Entities, o partes, son los elementos más importantes porque la suma de ellas en la simulación da el comportamiento de las ventas. Estas representan a producto fresco, congelado y embutidos.

El modelo finalmente realiza el proceso de despacho, en el cual se obtiene como variable principal las toneladas despachadas las mismas que deben comportarse como lo hace la venta.

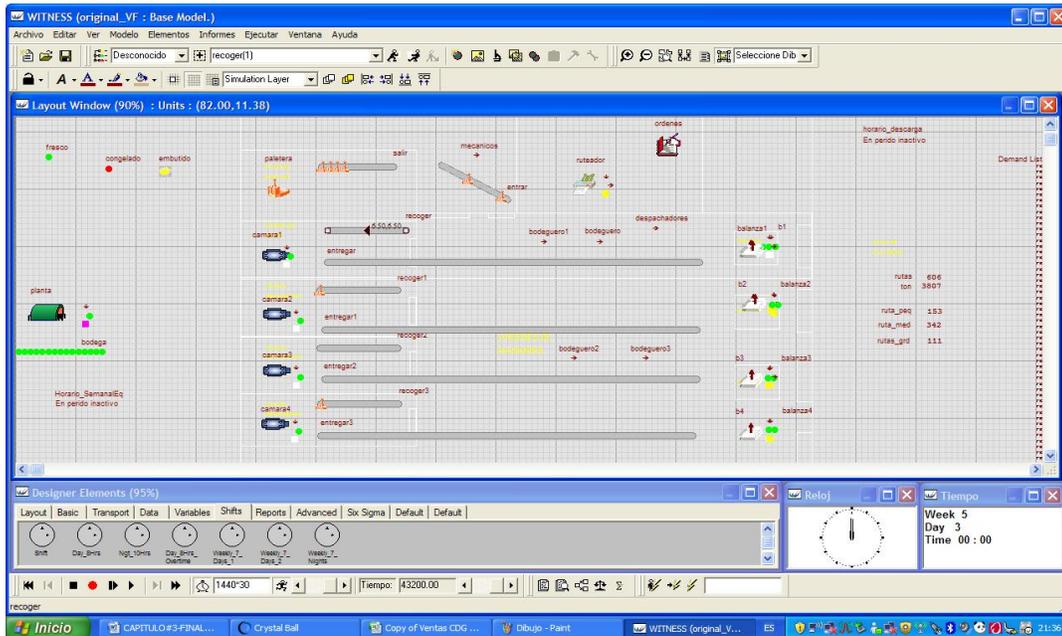


Figura 22. Gráfica de elementos que integran el modelo

### 3.5. VERIFICACIÓN DEL MODELO

El modelo esta básicamente diseñado para que simule el despacho y se debe comportar como la venta que tiene la empresa en meses estables, es decir se deja de lado los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, porque introducen una estacionalidad marcada que distorsiona el análisis por simulación.

El objetivo de la simulación, es que a un futuro se pueda mejorar, subiendo la producción o bajando los costos de mano de obra, ya que ambos generan valores, de ingresos el primero y de ahorros el segundo, mediante la utilización de tecnología, máquinas, capacitación, etc.

La verificación del modelo será mediante las toneladas despachadas.

rutas	606
ton	3807
ruta_peq	153
ruta_med	342
rutas_grd	111

**Figura # 23. Gráfica de dimensiones de rutas en el modelo**

En la figura se observa una corrida en Witness donde se muestra el resultado de un mes, del número de rutas despachadas (camiones) 153 rutas pequeñas, 342 rutas medianas y 111 rutas grandes que suman el total de 606 rutas; también muestra la cantidad de producto despachado en toneladas (3807 ton).

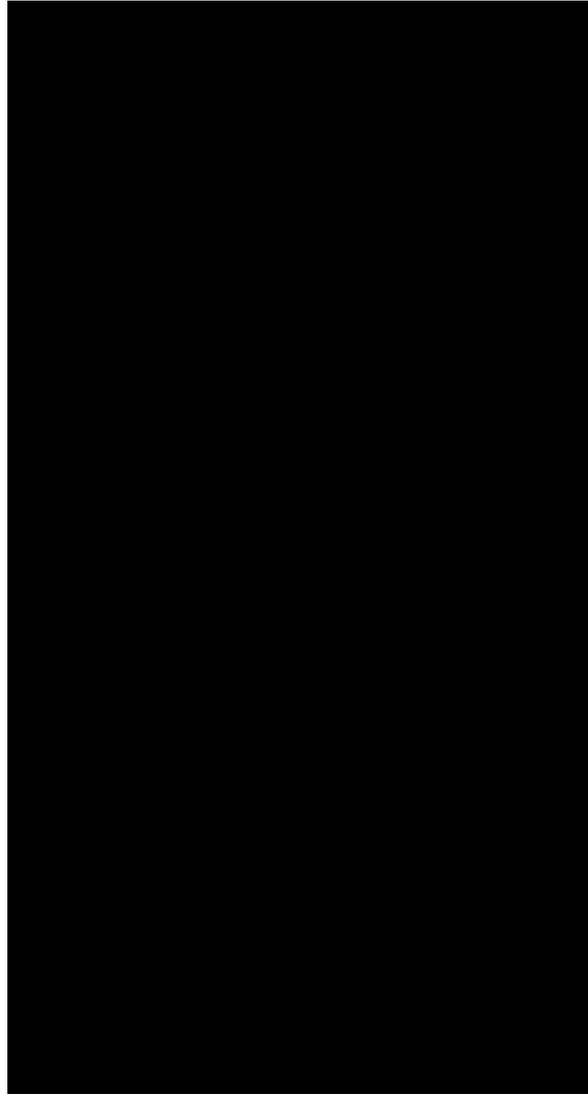
### 3.6. VALIDACIÓN DEL MODELO

El objetivo de esta parte es determinar la coherencia de los resultados del modelo en Witness con la realidad. Para esto se hace correr el modelo en Witness para el año 2009, para poder comparar el despacho realizado contra las ventas de ese periodo.

Los resultados para la corrida del primer modelo se detallan en la siguiente tabla:

## TABLA 7

### Resultados de la corrida en Witness



Esto se comparará con los datos reales del inventario del año anterior y se realizará una prueba de hipótesis para demostrar que las medias del inventario por artículo son iguales.

De la simulación se obtiene los resultados procesados por medio de Stat::Fit

Se ingresa los datos descritos de la simulación:

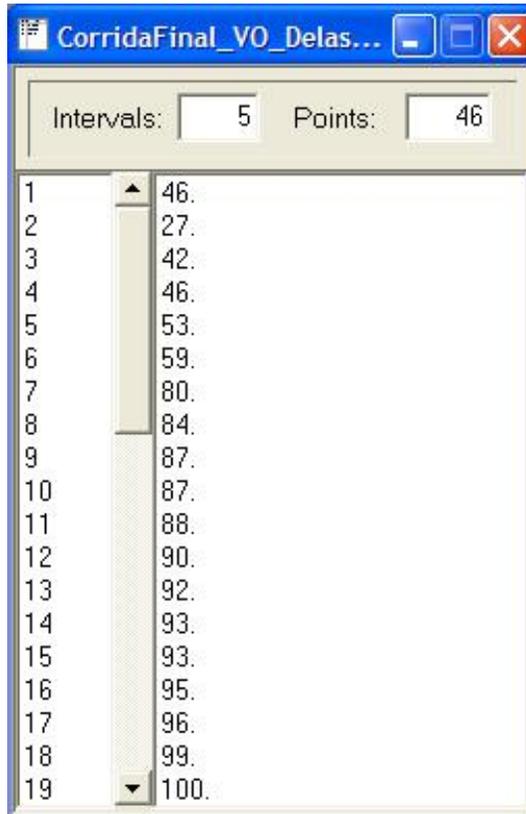


Figura 24. Ingreso de datos al Stat::Fit

La grafica de la distribución de los datos.

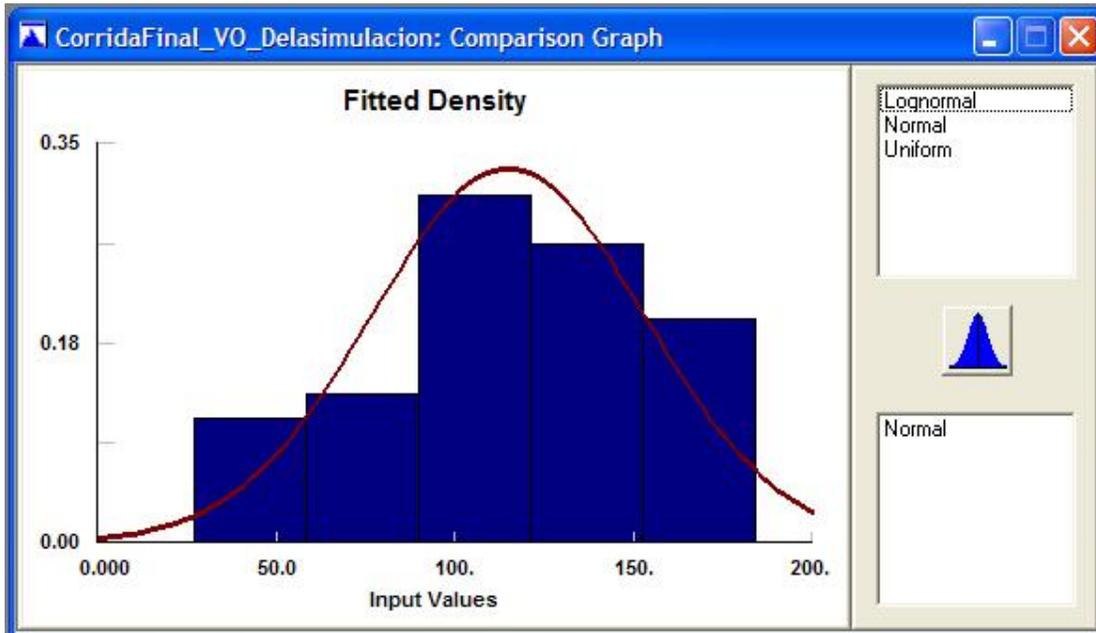
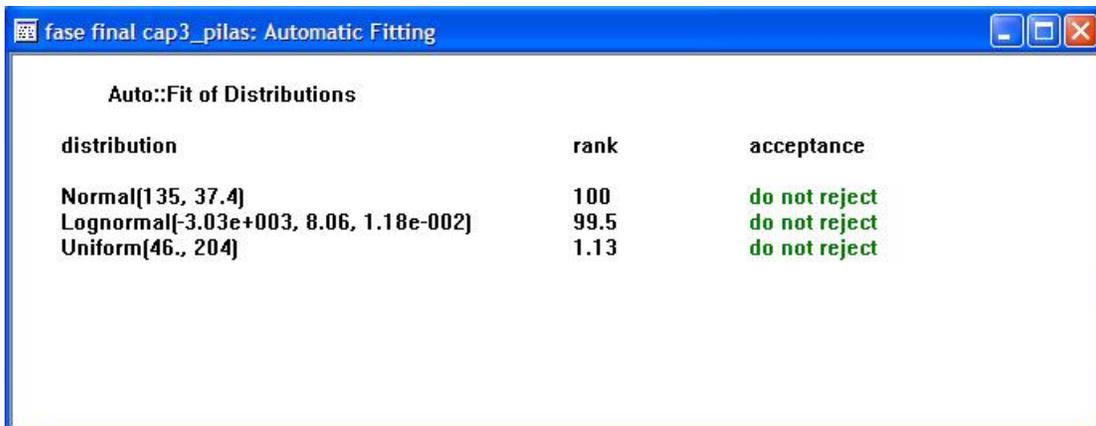


Figura 25. Gráfica obtenida con su distribución

Se obtiene como resultado:



distribution	rank	acceptance
Normal(135, 37.4)	100	do not reject
Lognormal[-3.03e+003, 8.06, 1.18e-002]	99.5	do not reject
Uniform(46., 204)	1.13	do not reject

Figura 26. Datos obtenidos en Stat::Fit

Las pruebas estadísticas son las descritas:



goodness of fit		
data points	30	
estimates	maximum likelihood estimates	
accuracy of fit	3.e-004	
level of significance	5.e-002	
summary		
distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Lognormal	7.36e-002	0.203
Normal	7.12e-002	0.191
Uniform	0.205	2.11

Figura 27. Valores obtenidos con la distribución seleccionada

Seleccionamos los valores de K\_S y A\_D más altos.

detail		
<b>Lognormal</b>		
minimum	=	-3030.18
mu	=	8.05991
sigma	=	1.18423e-002
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>		
data points		30
ks stat		7.36e-002
alpha		5.e-002
ks stat(30,5.e-002)		0.242
p-value		0.993
result		DO NOT REJECT
<b>Anderson-Darling</b>		
data points		30
ad stat		0.203
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.99
result		DO NOT REJECT
<b>Normal</b>		
mean	=	135.033
sigma	=	37.3912
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>		
data points		30
ks stat		7.12e-002
alpha		5.e-002
ks stat(30,5.e-002)		0.242
p-value		0.995
result		DO NOT REJECT
<b>Anderson-Darling</b>		
data points		30
ad stat		0.191
alpha		5.e-002
ad stat(5.e-002)		2.49
p-value		0.993
result		DO NOT REJECT

Figura 28. Datos obtenidos con las pruebas realizadas

A continuación la prueba de hipótesis para demostrar que los despachos promedio por toneladas son iguales entre lo observado en las ventas y los datos simulados:

Para el efecto se utilizará una prueba bilateral de hipótesis de diferencia de medias con varianzas conocidas.

$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad \text{vs} \quad H_1: \mu_1 \neq \mu_2.$

El estadístico de prueba es el siguiente:

$$z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Los datos son los siguientes:

$$\bar{X}_1 = 126,1$$

$$\bar{X}_2 = 135,74$$

$$\sigma_1 = 26,1$$

$$\sigma_2 = 37,4$$

Con estos datos el estadístico de prueba se obtiene a continuación:

$$z = \frac{135,74 - 126,1}{\sqrt{\frac{26,1^2}{30} + \frac{37,4^2}{30}}} = 1,07$$

En este caso  $\alpha = 0,05$  por tanto el valor crítico es  $z_{0,025} = 1,96$  entonces se concluye que  $|z| < z_{0,025}$ .

Por tanto se concluye que hay evidencia estadística, que las medias de las ventas reales en toneladas como las simuladas son iguales.

## CAPÍTULO 4

### IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Las pruebas realizadas en el capítulo anterior, evidencian la posibilidad de poder implementar el modelo en la compañía ya que la misma garantiza que es posible mejorar el proceso actual y obtener beneficios.

El implementar un modelo nuevo de trabajo en una compañía requiere de etapas que se deben cumplir paulatinamente, se deben realizar cambios de infraestructura, cambiar el modo de trabajo en el personal operativo y administrativo. Incluir en el proceso, maquinaria y estanterías para el transporte y almacenamiento de productos que no se contaba anteriormente y para lo cual tiene que haber un proceso de inducción al personal operativo para el manejo de estos equipos; también se crea la necesidad de contar con más personal operativo

La ubicación y capacidades de las máquinas a instalar se harán de acuerdo a la simulación realizada.

#### 4.1. ETAPAS

En la implementación del modelo se deben tener en cuenta los siguientes temas.

##### 4.1.1 PROYECTAR LA SIMULACIÓN A LA REALIDAD.

Inicialmente la simulación parte de contar con tecnología actual, nuevas instalaciones, una distribución de planta totalmente diferente a la actual, uso de estanterías y un diferente manejo producto para su rotación y almacenamiento.

Se necesita contar inicialmente con un terreno, con las dimensiones necesarias para diseñar un nuevo Centro de Distribución.

Llevar las necesidades a una empresa constructora especializada en diseñar infraestructuras acorde a lo que indica el modelo estudiado.

Realizar cotizaciones de equipos y maquinarias que se utilizarán en el nuevo Centro de Distribución y escoger la que mejor se ajusta a las necesidades, teniendo en cuenta las propiedades de los equipos y maquinarias a cotizar.

Revisar si equipos o maquinarias que se usan actualmente, pueden ser utilizados en el nuevo Centro, con el fin de minorar los gastos que incurrirán esta simulación.

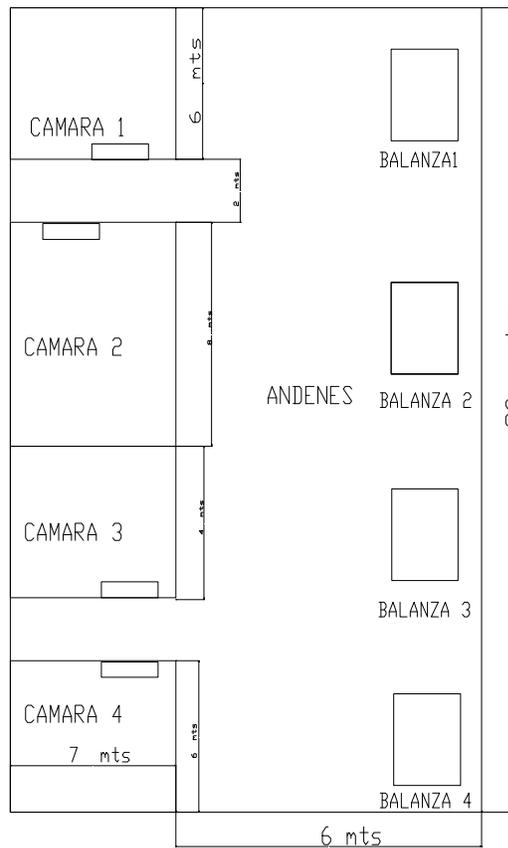
Programar la inducción al personal operativo y administrativo acerca de la nueva forma de trabajo, capacitación al personal escogido para el manejo de los equipos montacargas y tras paletas eléctricas con que contará el nuevo Centro de Distribución.

Se debe programar también la visita del personal operativo que tienen las funciones de bodeguero, despachadores, auxiliares de línea.

#### 4.2. UBICACIÓN

Este tema va relacionado con la distribución de planta que se implantará en el nuevo Centro de Distribución; para esto se muestra el actual Centro de Distribución con el que se trabaja actualmente en la distribución de sus productos.

En el mismo se muestra 4 cámaras, dos de almacenamiento de producto fresco y 2 de almacenamiento de producto congelado; 4 balanzas que se usan para el despacho de los productos a comercializar. Para la transportación de productos se usan tras paletas manuales en la que se necesita de personal adicional para poder mover la carga desde las balanzas hasta la balanza que requiere de productos; también se utilizan coches para movilizar el producto en unidades de jabas (hasta 8 jabas por viaje) desde la balanza hasta el camión en el proceso de despacho.



**Figura 29. Distribución de Planta situación actual**

El modelo simulado requiere de cámaras de almacenamiento con mayor capacidad a las actuales, incremento en el número de balanzas, incremento en el espacio físico para el andén de carga y descarga; agregar unidades de montacargas y tras paletas es estratégico tanto para la recepción de productos desde las plantas de origen como para la distribución de sus productos.

A continuación se muestra la gráfica de la nueva distribución de planta

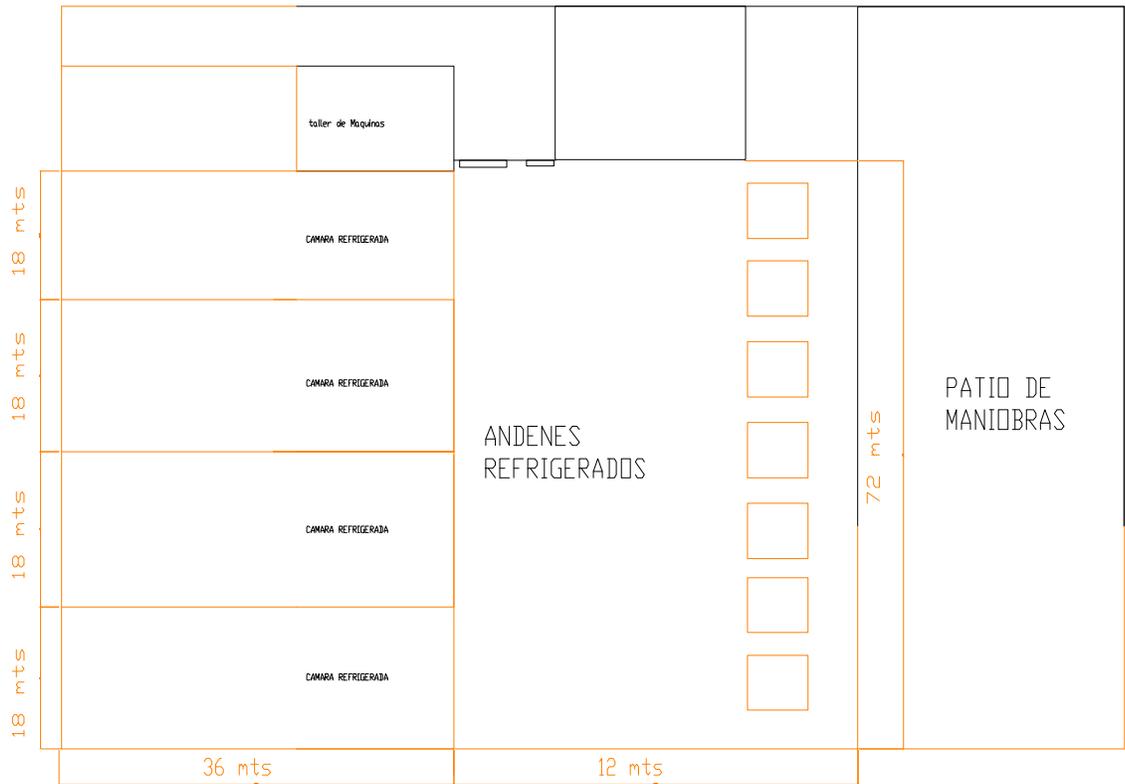


Figura 30. Distribución de Planta modelo en la Simulación

Todas las mejoras se fundamentan, en la intención de mejorar el servicio y atender las demandas pico, como lo muestra la tabla 11.

### 4.3. CAPACIDADES

Dentro de las capacidades de la nueva instalación se puede destacar un listado de elementos que redundan en una mejora en el tiempo de despacho.

**TABLA 8**

**Elementos de mejora en la simulación**

Elementos Mecánicos para Mejora del Despacho				
Elementos Mecánicos	Antes	Ahora	capacidad	velocidad
Montacargas electro-hidráulicos NDR050	no	si	0-2 tons	13 km/h max
paletizadoras manuales	si	si	0-2,5 tons	5 km/h max
paletizadoras electro-hidráulicas NDR90/60	no	si	0- 4 tons	13 km/h max
Elevadores electro-hidráulicos HDL 35lb	no	si	0- 15 tons	n/a
Elevadores mecánicos HDL 35 lb	si	si	0-15 tons	n/a

Con esto se obtiene la ventaja que brinda la mecanización de los procesos, es decir se gana eficiencia en tiempo, sin dejar de mencionar que se disminuye los problemas del personal, en cuanto a los ausentismos originados por dolencias debidas a esfuerzos físicos, es decir se mejora el ambiente laboral.

Además se realizaron mejoras de tipo estructurales y civiles, las mismas que ayudan a la circulación y facilitan el desempeño de los equipos y del personal, como detallamos:

**TABLA # 9**

**Elementos estructurales que intervienen en el Modelo**

Tabla de Elementos Estructurales y sus Mejoras			
Elementos Estructurales	Capacidad		Beneficio
	Antes	Ahora	
Racks Drive IN	0	1000 tons	100%
Racks convencionales	0	1200 tons	100%
CamaraS Temperatura media	1000 m3	10500 m3	1050%
Camaras Temperaturas Congelada	500 m3	16000 m3	3200%
Precamaras	500 m3	6000 m3	1200%

En esta tabla se puede observar que el cambio en la infraestructura civil fue radical, desde un centro de capacidad general de 500 toneladas de producto a uno de 2500 toneladas de producto, mejorando en un 500% su



capacidad de almacenamiento, esto genera un ahorro en alquiler mensual de cámaras externas un valor de 125000 dólares.

Además se puede observar el cambio estructural con solo mirar las figuras de los edificios el anterior y el nuevo. (Figura 29 y 30). El área cubierta es bastante grande, son 3500 mts. cuadrados para operaciones contra 450 metros cuadrados para operaciones, es decir un crecimiento en área de operación de 700% .

Esto redundo en mejores operaciones, tráfico, alto impacto en el ambiente laboral y menores riesgos de accidentes, como beneficios colaterales, porque con los vehículos nuevos, los desplazamientos son más veloces (9 km/h) con un solo operario en un espacio mayor, mientras que en un espacio menor con dos operarios se desplazaban a 5 km/h aproximadamente con los equipos pedestres.

La flota vehicular aumento de 180 toneladas de transporte instaladas a 200 toneladas instaladas, esto básicamente se aplica con la figura de tercerización. De este punto vale recalcar que cosas como la estandarización de las dimensiones y medidas en los vehículos de la flota de distribución, ayudó enormemente en la mejora de los tiempos de cargue.

Se incrementó el número de balanzas, las cuales inicialmente habían 4.

a.- 2 de 1200 kg y 2 de 2000 kg

El número de balanzas aumentó a 7 porque se busca aproximar el crecimiento del 40% de toneladas despachadas.

b.- 3 de 1200 kg, 3 de 2000 kg y 1 de 900 kg

Se incrementó el número de andenes de despacho, de lo que se tenía 3 de recepción, y 5 de despachos ahora hay 12 andenes, distribuidos en 4 de recepción y 8 de despacho. También se incrementa el número de personas en el proceso de despacho y se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 10**

**Mejoras con la nueva Simulación**

Personal	actividad	antes	ahora
Montacarguistas	cargas y descargan racks	0	5
Controladores en camaras	verifican el producto y su rotacion	5	10
Operadores de Paletizadoras	transportan producto	0	15
Despachadores	pesan y ordenan la ruta	5	9
picking en camara	ordenan el producto menudo	3	5
picking en balanzas	ordenan producto menudo	3	9
Choferes	realizan la distribucion	35	40
Ayudantes	realizan la distribucion	35	40
<b>Total Personal</b>		<b>86</b>	<b>133</b>

Es decir que gracias a este proyecto se incrementó el trabajo en personal estrictamente operativo en despacho en un 54%, lo que es un beneficio en general para la sociedad.

Con todos estos elementos se puede indicar que la compañía está preparada para afrontar un crecimiento de las ventas sin incrementar el horario de despachos tal como se lo realizaba con las instalaciones y equipos anteriores, y como se muestra en la simulación con un horario de trabajo % de jornada normal+, se puede absorber el incremento en ventas.

Esto, con la intención de atender sin problemas las demandas pico, como lo muestra la siguiente tabla:

**TABLA 11**

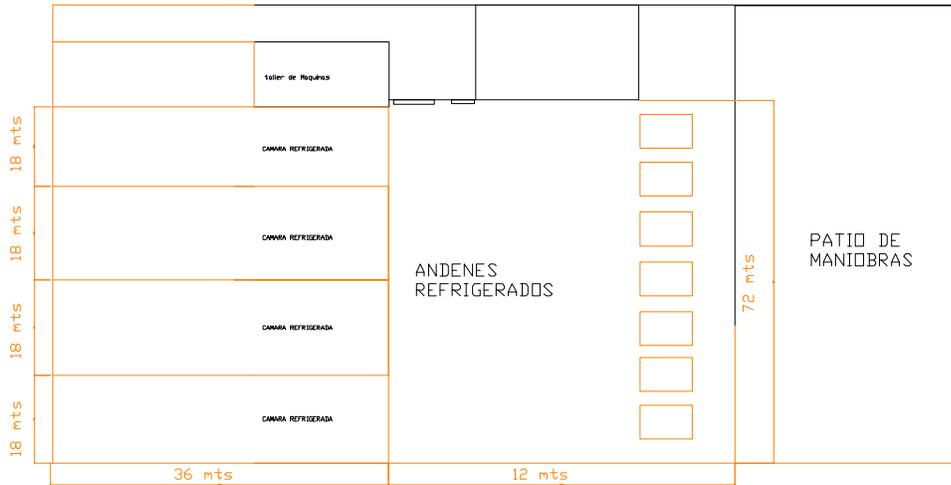
**Valores históricos de las Ventas (en Toneladas)**

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
2003	3222	3833	3574	3509	3687	3677	3721	3591	3698	3781	3377	4198
2004	2739	2756	3252	3872	4788	4823	5103	4474	4867	4859	4384	5117
2005	3691	3827	4298	4437	4330	4158	4129	3949	4025	3620	3889	5322
2006	3239	3486	3933	3681	3853	3907	4073	4447	4494	4017	4033	5561
2007	3313	3296	3830	3801	4189	4392	4204	4066	3664	3892	3683	4972
2008	3356	3227	3425	3669	3977	3392	3907	3591	3698	3781	3377	4198
2009	2917	3003	3451	2869	3463	3685	2917	2893	3341	2763	3448	4125
2010	3075,33974	2956,22964	3370,27001	3384,0806	3539,843	3634,0989	3782,4559	3537,016	3481,8872	3600,9111	3289,55293	4220

Como se puede observar, la intención de atender los valores altos de demanda en el mes de diciembre de forma anual justifica la inversión.

#### 4.4. PRUEBAS

En esta etapa de la tesis se muestra los resultados obtenidos una vez se han realizados estas mejoras tanto como en máquinas, personal, infraestructura y flota. En la siguiente figura se observa la implantación con las mejoras.



**Figura 31. Distribución de Planta con mejoras**

En la siguiente figura se observa los elementos que forman parte del proceso de despacho en la Simulación

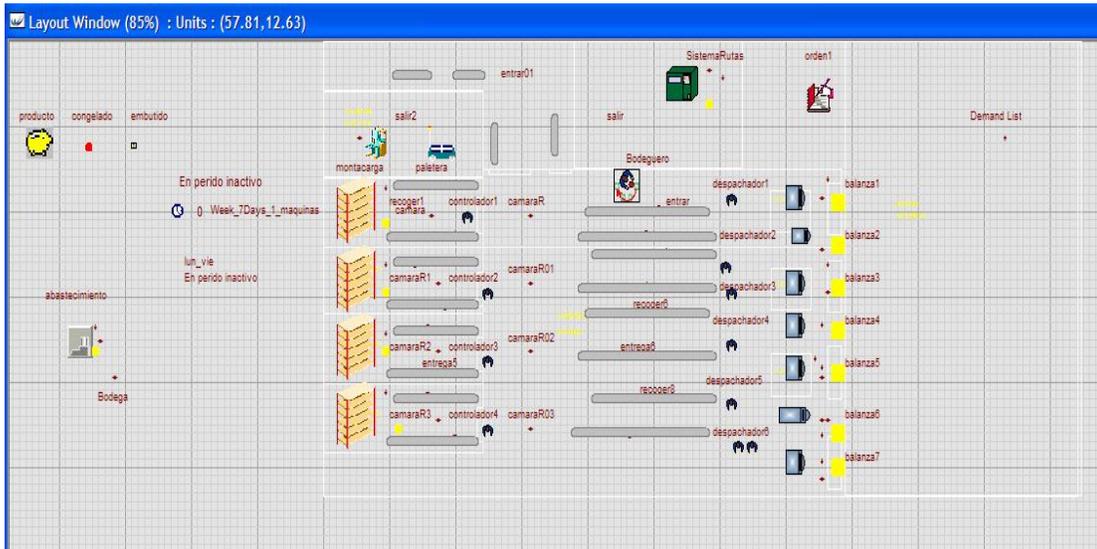


Figura 32. Esquema del modelo de simulación

En la tabla 8 se observa las capacidades de los equipos para transportar producto en toneladas y en la siguiente tabla se muestra las capacidades en velocidad nominal, mínimas y máximas de los equipos.

Tabla 12

Equipos utilizados

velocidades nominales de operación	velocidad		
	promedio	max	min
montacargas YDR045	9 km/h	13 km/h	7 km/h
Paletizadora MP050	9 km/h	13 km/h	7 km/h
Paletizadora MP060	9 km/h	13 km/h	7 km/h

Una vez se ha desarrollado con la misma metodología ya probada ,se determina el nuevo modelo y su distribución, para eso se lleva a cabo una corrida de 30 datos, para verificar su comportamiento:

**Tabla 13**

**Corrida Del Nuevo Modelo**

Nuevo Modelo	
Numero	datos
1	179
2	212
3	243
4	223
5	173
6	164
7	169
8	200
9	229
10	219
11	176
12	295
13	139
14	183
15	238
16	200
17	178
18	159
19	139
20	201
21	230
22	223
23	169
24	151
25	178
26	207
27	224
28	198
29	119
30	157

De lo que se obtiene la siguiente curva con Distribución Normal (192;36,9) en toneladas

Ahora se muestra el resultado de 30 corridas de 1 mes, cada una con las mejoras que se detalla a continuación:

a.- Simulación del despacho en las instalaciones antiguas ,que en meses es normal (4000,108)

b.- Simulación del despacho en las instalaciones nuevas, que en meses es normal (5550,138)

c.- Simulación después de una mejora de la variabilidad en un 50%, en la nueva instalación, que en meses es normal (5550,140)

d.- Simulación después de una mejora en el promedio del tiempo de despacho del 10%, en la nueva instalación, que en meses es normal (5570,141)

e.- Simulación después de una mejora en el promedio del tiempo de despacho del 20%, en la nueva instalación que en meses es normal (5590,142)

f.- Simulación después de una mejora en el promedio del tiempo de despacho del 20%, en la nueva instalación, que en meses es normal (5670,150)

g.- Simulación después de una mejora en el promedio de la velocidad de los vehículos de despacho del 10%, en la nueva instalación, que en meses es normal (5750,127)

A continuación se define cuantas réplicas se deben simular para que los resultados del modelo sean confiables a un nivel de significancia dado.

Se tiene una muestra de 30 datos con la desviación que es de 108 toneladas, se asume un error de 54 toneladas porque es 50% de la desviación. Primero se calcula el R Mínimo con la siguiente fórmula.

$$R_{\min} \geq \left( \frac{z_{\alpha/2} S_0}{\epsilon} \right)^2, \quad z_{\alpha/2} \text{ is the standard normal distribution.}$$

Y se obtiene el siguiente resultado que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

**Calculo de Réplicas mínimas**

<b>z</b>	1,96
<b>s0</b>	108,00
<b>error</b>	54,00
<b>Rmin</b>	15,37

Con estos valores se encuentra el valor R utilizando la siguiente fórmula

$$R \geq \left( \frac{t_{\alpha/2, R-1} S_0}{\varepsilon} \right)^2$$

Se realiza el cálculo obteniendo los valores que se muestran en la siguiente tabla

Tabla 14

Calculo de Replicas Adicionales

R	NUMERO DE REPLICAS		
	23	24	25
T(0,025,R-1)	2,07	2,07	2,06
T(0,025*R-1*So/error)^2	25,04	24,91	24,80

Se observa que mientras el número de replicas aumenta, se satisface la condición de  $R - R_{min} \leq 0$ . Esta condición se obtiene a partir de  $R_{min} = 25$ , por lo tanto el número de réplicas realizadas se mantiene.

Luego se aplica el método de Bonferroni, para determinar cuál de las mejoras después de la implementación inicial sería la más conveniente.

Para analizar los diseños de los literales a y b se usa el método de Bonferroni con la siguiente hipótesis

□ Análisis:

- Si c.i. esta a la izquierda del 0, existe fuerte evidencia de  $H_0: \theta_1 - \theta_2 < 0 (\theta_1 < \theta_2)$ .
- Si c.i. esta a la derecha del 0, existe fuerte evidencia de  $H_0: \theta_1 - \theta_2 > 0 (\theta_1 > \theta_2)$ .
- Si c.i. contiene al 0, no existe evidencia de que un sistema es mejor que el otro.

Donde  $\bar{\theta}_i$  son los promedios de los resultados de las replicas. Entonces se realiza la comparación para la Instalación nueva y se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 15

Resultados de la comparación del modelo nuevo y el anterior

r	Yr1	Yr2	Dr1 1- 2
1	4062	5471	-1409
2	4131	5228	-1097
3	4055	5562	-1507
4	4102	5558	-1456
5	4145	5350	-1205
6	3976	5539	-1563
7	4097	5675	-1578
8	4057	5675	-1618
9	4124	5485	-1361
10	4188	5675	-1487
11	3872	5675	-1803
12	3970	5675	-1705
13	4043	5570	-1527
14	3938	5559	-1621
15	4253	5515	-1262
16	3734	5675	-1941
17	3922	5207	-1285
18	3922	5675	-1753
19	3922	5440	-1518
20	4067	5391	-1324
21	3922	5391	-1469
22	3922	5721	-1799
23	3922	5488	-1566
24	3922	5552	-1630
25	4053	5625	-1572
26	3922	5733	-1811
27	3922	5437	-1515
28	3922	5676	-1754
29	3922	5510	-1588
30	4022	5713	-1691
promedio	4001,0	5548,2	-1547,2

De donde:

Yr1 es la instalación antigua

Yr2 es la instalación nueva

$\theta_1 - \theta_2$  es la diferencia de las observaciones entre Yr1 y Yr2

Luego se calcula el intervalo de confianza utilizando la siguiente fórmula:

$$\bar{D}_{.i} - t_{\alpha_i/2, R-1} se\left(\bar{D}_{.i}\right) \leq \theta_1 - \theta_i \leq \bar{D}_{.i} + t_{\alpha_i/2, R-1} se\left(\bar{D}_{.i}\right)$$



Donde:

$\bar{D}_i$  es el promedio entre las diferencias  $\bar{Y}_{.1} - \bar{Y}_{.2}$  de ambos modelos.

$\alpha_i$  es el nivel de significancia efectivo.

$R-1$  son los grados de libertad que en este caso es el número de réplicas menos 1.

SE es el error estándar que se calcula con la siguiente fórmula:

$$s.e.(\bar{D}) = s.e.(\bar{Y}_{.1} - \bar{Y}_{.2}) = \frac{S_D}{\sqrt{R}}$$

Haciendo los cálculos necesarios se obtienen los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 16**

**Resultados de las diferencias**

Resultados	
D.i	-1547,2
Sdi	194,8
SDi <sup>2</sup>	37957,9
Sdi/RaizR	35,6

**Tabla 17**

**Datos de ambos modelos**

datos de los Modelos	
REPETICIONES =	30
PARA ALFA = e	0,05
C =	1
ALFA/C = i	0,0500
t( i/2, R-1)	2,045

Con estos cálculos realizados, finalmente se obtiene que el intervalo de confianza está por debajo de cero.

$$-1619,9 \leq \theta_1 - \theta_i \leq -1474,4$$

Lo que da la certeza que la Hipótesis  $H_0$  cumple con el siguiente enunciado:

Si c.i. esta a la izquierda del 0, existe fuerte evidencia de  $H_0: \theta_1 - \theta_2 < 0$  ( $\theta_1 < \theta_2$ ).

Es decir que hay fuerte evidencia que el promedio del modelo  $\theta_1$  es menor que el promedio del modelo  $\theta_2$ , es el número de toneladas despachadas con el modelo 1 es menor al modelo 2.

Ahora se tiene que probar las siguientes mejoras propuestas en los literales anteriores, usando la misma metodología para hallar el número de replicas

De una muestra de 30 datos con distribución normal (192,36,9) en toneladas, se asume un error de 15 toneladas porque es aproximadamente el 40% de la desviación.

Primero se calcula el R Mínimo con la siguiente fórmula:

$$R_{\min} \geq \left( \frac{z_{\alpha/2} S_0}{\varepsilon} \right)^2, \quad z_{\alpha/2} \text{ is the standard normal distribution.}$$

Se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 18

Valor de las Réplicas Mínimas por modelo

Mejora 1								
Rmin	15,59							
R	NUMERO DE REPLICAS							
	15	16	17	18	19	20	21	22
T(0,025,r-1)	2,14	2,13	2,12	2,11	2,10	2,09	2,09	2,08
T(0,025,r-1*So/error)	18,40	18,17	17,98	17,81	17,66	17,52	17,40	17,30

Mejora 2								
Rmin	14,94							
R	NUMERO DE REPLICAS							
	15	16	17	18	19	20	21	22
T(0,025,r-1)	2,14	2,13	2,12	2,11	2,10	2,09	2,09	2,08
T(0,025,r-1*So/error)	18,40	18,17	17,98	17,81	17,66	17,52	17,40	17,30

Mejora 3								
Rmin	14,94							
R	NUMERO DE REPLICAS							
	15	16	17	18	19	20	21	22
T(0,025,r-1)	2,14	2,13	2,12	2,11	2,10	2,09	2,09	2,08
T(0,025,r-1*So/error)	18,40	18,17	17,98	17,81	17,66	17,52	17,40	17,30

Mejora 4								
Rmin	17,64							
R	NUMERO DE REPLICAS							
	17	18	19	20	22	23	24	25
T(0,025,r-1)	2,12	2,11	2,10	2,09	2,08	2,07	2,07	2,06
T(0,025,r-1*So/error)	17,98	17,81	17,66	17,52	17,30	17,20	17,12	17,04

Mejora 5								
Rmin	17,21							
R	NUMERO DE REPLICAS							
	17	18	19	20	22	23	24	25
T(0,025,r-1)	2,12	2,11	2,10	2,09	2,08	2,07	2,07	2,06
T(0,025,r-1*So/error)	17,98	17,81	17,66	17,52	17,30	17,20	17,12	17,04

Se observa en los cinco modelos de mejora, que mientras el número de réplicas aumenta se satisface la condición de  $R - R_{min} \leq 0$ . Esta condición se obtiene a partir de  $R_{min} = 19$ , por lo tanto el número de réplicas realizadas se mantiene.

En la siguiente tabla se observan las corridas que se generaron para la comparación de las mejoras propuestas contra la instalación nueva.

Tabla 20

Resultados de la comparación del modelo nuevo y sus mejoras

r	Yr2	Yr3	Yr4	Yr5	Yr6	Yr7
1	5471	5461	5496	5512	5585	5609
2	5228	5216	5224	5249	5289	5503
3	5562	5562	5577	5595	5676	5685
4	5558	5541	5574	5588	5662	5649
5	5350	5340	5384	5385	5467	5765
6	5539	5550	5569	5607	5647	5783
7	5675	5682	5715	5730	5816	5837
8	5675	5682	5715	5730	5816	5837
9	5485	5484	5523	5545	5629	5818
10	5675	5682	5715	5730	5816	5837
11	5675	5682	5715	5730	5816	5837
12	5675	5682	5715	5730	5816	5837
13	5570	5582	5587	5616	5702	5639
14	5559	5563	5595	5613	5687	5856
15	5515	5524	5531	5562	5636	5782
16	5675	5682	5715	5730	5816	5837
17	5207	5224	5259	5266	5318	5369
18	5675	5682	5715	5730	5816	5837
19	5440	5438	5472	5494	5564	5737
20	5391	5394	5401	5430	5488	5598
21	5391	5394	5401	5430	5488	5598
22	5721	5735	5754	5768	5847	5656
23	5488	5485	5499	5517	5592	5803
24	5552	5554	5573	5586	5670	5867
25	5625	5623	5632	5659	5740	5843
26	5733	5755	5765	5807	5862	5617
27	5437	5443	5478	5486	5571	5950
28	5676	5667	5675	5705	5785	5789
29	5510	5519	5523	5557	5644	5858
30	5713	5685	5719	5731	5826	5842
promedio	5548,2	5550,4	5573,9	5593,9	5669,6	5749,2

Donde :

Yr2 es el modelo nuevo

Yr3 es la primera mejora con variabilidad al 50%

Yr4 es la segunda mejora, el tiempo de balanza mejora al 10%

Yr5 es la tercera mejora, el tiempo de despacho mejora al 20%

Yr6 es la cuarta mejora, el tiempo de despacho mejora al 50%

$Y_{r7}$  es la sexta mejora, aumenta la velocidad de máquinas al 10%

$\theta_2 - \theta_i$  es la diferencia de las observaciones entre  $Y_{r2}$  y  $Y_{ri}$

Luego se hace la comparación entre las medias para hallar las desviaciones.

### Tabla 21

Resultados de la comparación del modelo nuevo y sus mejoras

Dr2 2- 3	Dr3 2- 4	Dr4 2- 5	Dr5 2- 6	Dr6 2- 7
10	-25	-41	-114	-138
12	4	-21	-61	-275
0	-15	-33	-114	-123
17	-16	-30	-104	-91
10	-34	-35	-117	-415
-11	-30	-68	-108	-244
-7	-40	-55	-141	-162
-7	-40	-55	-141	-162
1	-38	-60	-144	-333
-7	-40	-55	-141	-162
-7	-40	-55	-141	-162
-7	-40	-55	-141	-162
-12	-17	-46	-132	-69
-4	-36	-54	-128	-297
-9	-16	-47	-121	-267
-7	-40	-55	-141	-162
-17	-52	-59	-111	-162
-7	-40	-55	-141	-162
2	-32	-54	-124	-297
-3	-10	-39	-97	-207
-3	-10	-39	-97	-207
-14	-33	-47	-126	65
3	-11	-29	-104	-315
-2	-21	-34	-118	-315
2	-7	-34	-115	-218
-22	-32	-74	-129	116
-6	-41	-49	-134	-513
9	1	-29	-109	-113
-9	-13	-47	-134	-348
28	-6	-18	-113	-129

Luego se calcula el intervalo de confianza para las cinco mejoras utilizando la siguiente fórmula:

$$\bar{D}_{.i} - t_{\alpha_i/2, R-1} se\left(\bar{D}_{.i}\right) \leq \theta_1 - \theta_i \leq \bar{D}_{.i} + t_{\alpha_i/2, R-1} se\left(\bar{D}_{.i}\right)$$

Donde:

$\bar{D}_{.i}$  es el promedio entre las diferencias  $\bar{Y}_{.1} - \bar{Y}_{.2}$  de ambos modelos.

$\alpha_i$  es el nivel de significancia efectivo.

$R-1$  son los grados de libertad, este caso el número de réplicas menos 1.

SE es el error estándar que se calcula con la siguiente fórmula:

$$s.e.(\bar{D}) = s.e.(\bar{Y}_{.1} - \bar{Y}_{.2}) = \frac{S_D}{\sqrt{R}}$$

Se realizan los cálculos y se obtienen los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 22**

**Resultados de la comparación del modelo nuevo y sus mejoras**

DIFERENCIAS ENTRE MODELOS					
	Dr2 1- 3	Dr3 1- 4	Dr4 1- 5	Dr5 1- 6	Dr6 1- 7
D.i	-2,2	-25,7	-45,7	-121,4	-201,0
Sdi	10,5	14,9	13,5	18,5	127,9
SDi2	109,6	222,0	182,1	341,3	16364,0
Sdi/RaizR	1,9	2,7	2,5	3,4	23,4

**Tabla 23**

**Datos de la comparación del modelo nuevo y sus mejoras**

datos de los Modelos	
REPETICIONES =	30
PARA ALFA = e	0,05
C =	5
ALFA/C = i	0,0100
t( i/2, R-1) = t(0.0083, 30) =	2,756

Luego se obtiene los intervalos de confianza:

Primera comparación

$$\bar{D}_{2.3} - t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{2.3}) \leq \theta_1 - \theta_2 \leq \bar{D}_{2.3} + t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{2.3})$$

-7,5	3,0
------	-----

Este intervalo indica que no hay diferencia entre estos modelos.

Segunda comparación:

$$\bar{D}_{3.4} - t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{3.4}) \leq \theta_1 - \theta_3 \leq \bar{D}_{3.4} + t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{3.4})$$

-33,2	-18,2
-------	-------

Este intervalo da la certeza de una mejoría al no contener el cero.

Tercera comparación:

$$\bar{D}_{4.5} - t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{4.5}) \leq \theta_1 - \theta_4 \leq \bar{D}_{4.5} + t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{4.5})$$

-52,5	-38,9
-------	-------

Este intervalo mejora un poco respecto al anterior.

Cuarta comparación:

$$\bar{D}_{.5} - t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{.5}) \leq \theta_1 - \theta_5 \leq \bar{D}_{.5} + t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{.5})$$

-130,7	-112,1
--------	--------

La mejoría aumenta.

Quinta comparación:

$$\bar{D}_{.6} - t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{.6}) \leq \theta_1 - \theta_6 \leq \bar{D}_{.6} + t_{\alpha_i/2, R-1} se(\bar{D}_{.6})$$

-265,3	-136,6
--------	--------

Se observa que en la quinta comparación, la mejora es más significativa y corresponde a aumentar la velocidad a los vehículos eléctricos que tiene la nueva instalación en un 10% como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 24**

**Diferencias entre el modelo nuevo y sus mejoras**

	Yr2	Yr3	Yr4	Yr5	Yr6	Yr7
promedio	5548,2	5550,4	5573,9	5593,9	5669,6	5749,2
diferencias	0	-2,2	-25,7	-45,7	-121,4	-201,0

Con la quinta comparación (-265,3;-136,6), se cumple la Hipótesis Ho, que la diferencia de los promedios es menor que cero, da una fuerte evidencia que  $\theta_2$  es menor que el promedio del modelo  $\theta_6$ , y el número de toneladas despachadas con el modelo 1 es menor al modelo 6.

Esto acepta la mejora propuesta, qué sería la seleccionada. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

**Tabla 25**

**Resultados de la comparación de los modelos**



Descripcion de la mejora	despacho de tonelad	rutas atendidas	% de mejora en produccion
Viejo CD Gye	4001,0	606	
Nuevo CD Gye	5548,2	1189	39%
Mejora de la variabilidad 50%	5550,4	1190	0,04%
mejora del promedio del 10%	5573,9	1200	0,46%
mejora del promedio del 20%	5593,9	1214	0,82%
mejora del promedio del 50%	5669,6	1264	2,19%
mejora de la velocidad al 10%	5749,2	1221	3,62%

En la tabla se observan los resultados finales y se halla un % simple de mejora en función de los promedios obtenidos con los 30 datos.

## CAPÍTULO 5

## RESULTADOS

Los resultados que muestran la simulación realizada es beneficiosa y que se podrían seguir optimizando con el ciclo mejora continua, se menciona los resultados obtenidos:

Hay fuerte evidencia que el promedio del modelo  $\theta_1$  es menor que el promedio del modelo  $\theta_2$ , es decir el número de toneladas despachadas con el modelo 1 es menor al modelo 2, lo que quiere decir que es más productiva la nueva instalación.

Una vez que se ha realizado la nueva instalación y propuesto una serie de mejoras, se puede indicar que la más productiva de todas las propuestas es la última mejora y esta corresponde a aumentar la velocidad a los vehículos eléctricos que tiene la nueva instalación en un 10%.

Otro resultado directo de la nueva instalación, es el problema generado por el número de accidentes, que vale la pena mencionarlos:

**Tabla 26**

**Tabla de accidentes año 2009**

CENTRO DE OPERACIÓN	AÑO	MES	Nº DE ACCIDENTES	DÍAS DE INCAPACIDAD	AÑO	MES	Nº DE ACCIDENTES	DÍAS DE INCAPACIDAD
CD. GUAYAQUIL	2009	ENERO	0	0	2010	ENERO	1	3
CD. GUAYAQUIL	2009	FEBRERO	1	10	2010	FEBRERO	2	5
CD. GUAYAQUIL	2009	MARZO	1	3	2010	MARZO	3	44
CD. GUAYAQUIL	2009	ABRIL	1	3	2010	ABRIL	1	2
CD. GUAYAQUIL	2009	MAYO	0	0	2010	MAYO	1	30
CD. GUAYAQUIL	2009	JUNIO	2	18	2010	JUNIO	0	0
CD. GUAYAQUIL	2009	JULIO	2	8	2010	JULIO	4	9
CD. GUAYAQUIL	2009	AGOSTO	1	3	2010	AGOSTO	2	52
CD. GUAYAQUIL	2009	SEPTIEMBRE	3	8	2010	SEPTIEMBRE	0	0
CD. GUAYAQUIL	2009	OCTUBRE	0	0	2010	OCTUBRE	4	44
CD. GUAYAQUIL	2009	NOVIEMBRE	1	10	2010	NOVIEMBRE	0	0
CD. GUAYAQUIL	2009	DICIEMBRE	1	30	2010	DICIEMBRE	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>13</b>	<b>93</b>			<b>18</b>	<b>189</b>

Se puede notar en la tabla 21 que el índice de accidentabilidad decae en un 27%, por lo que se debe aplicar el programa de capacitación, para mejorar este indicador.

Una de las partes más importantes en el desarrollo de la simulación es conocer el valor que se va a invertir en la implementación del modelo estudiado; en la simulación se muestra que el proceso a implementar requiere de estanterías, maquinarias e incremento de personal. Lo que está implícitamente y no se ve en la simulación es la infraestructura que se debe construir, el terreno con el que se debe contar y la ubicación estratégica para obtener los resultados esperados.

La infraestructura debe reunir todas las condiciones que indica el modelo, ser capaz de soportar las toneladas proyectadas a almacenar, el espacio disponible para los equipos y maquinarias que debe utilizar para hacer el proceso simulado.

De forma general, se requiere de toda una infraestructura, la cual debe ser cuantificada y cuestionada en temas de rentabilidad y recuperación de la inversión; para esto se divide el costo de la inversión en los siguientes rubros:

Cabe indicar que no se pudo obtener una información más detallada en cuanto a cifras y rubros que implica por motivos de confidencialidad de la empresa a la cual se está haciendo el estudio; y se muestra de una manera general los detalles.

- Costo de materiales
- Valor de la obra civil
- Costo de mano de obra
- Gastos adicionales

## 5.1. COSTO DE MATERIALES

De todos los rubros de la inversión, el costo de los materiales son los más altos, ya que en ellos encierra todos los implementos que se requieren para realizar la construcción y para acondicionar las áreas de trabajo.

**Tabla 27**

### **Presupuestos de Materiales**

CUENTAS	VALOR PRESUPUESTADO (USD)
Condiciones Generales	\$ 177.695
Cerramiento	\$ 331.113
Muebles de Oficina	\$ 421.989
Estructura Metálica	\$ 856.829
Cubiertas	\$ 280.785
Equipos	\$ 1.044.897
Refrigeración	\$ 1.721.247
Panelería	\$ 913.242
<b>Total general</b>	<b>\$ 5.747.798</b>

## 5.2. OBRA CIVIL

Entre los rubros que encierran la obra civil está la legalización del terreno hasta el Diseño de la construcción de la obra.

**Tabla 28**

### Presupuestos de Obra Civil

CUENTAS	VALOR PRESUPUESTADO (USD)
Legalización	\$ 36.525
Movimiento de Tierra	\$ 466.399
Obra Civil	\$ 3.109.583
Urbanismo	\$ 640.244
<b>Total general</b>	<b>\$ 4.252.751</b>

## 5.3. COSTOS DE MANO DE OBRA

En este rubro constan todas las tareas operativas que se realizarán para el levantamiento de la nueva infraestructura.

**Tabla 29**

**Presupuestos de M/O**

<b>CUENTAS</b>	<b>VALOR PRESUPUESTADO (USD)</b>
Pilotaje	\$ 868.271
Instalación Eléctrica	\$ 1.288.917
Instalación Refrigeración	\$ 279.339
Construcción	\$ 257.558
Diseños	\$ 27.442
<b>Total general</b>	<b>\$ 2.721.528</b>

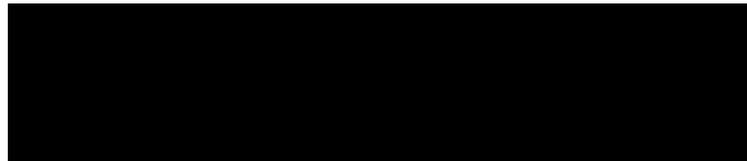
**5.4. GASTOS ADICIONALES**

Aquí se muestran los gastos adicionales que incurrirá la empresa en estudio, para realizar las mejoras en el modelo propuesto. Este gasto va dirigido a la capacitación del personal operativo que utiliza los equipos eléctricos como montacargas y tras paletas.

Otro gasto es la reprogramación de los equipos que lo realiza la empresa Yale.

**Tabla 30**

**Presupuestos de Capacitación**



**5.5.- INVERSION TOTAL**

Sumando los costos y gastos se muestra el valor total de la inversión, el cual asciende a 12.725.437 usd.

**Tabla 31**

**Presupuestos de Materiales**



**5.6.- ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO**

Con los valores presentados, se realiza el análisis para determinar el tiempo en que se recuperará la inversión.

Partimos de la premisa que los niveles de venta que se generaran los próximos 5 años se mantendrán iguales a los actuales y estables.

Para ello se revisa las ventas anuales (en Kg) con el modelo inicial y se multiplica por la diferencia entre el costo de producción y por el precio de venta y se obtiene la utilidad neta.

Mediante la herramienta Cristal-Ball se puede realizar una proyección de ventas y con ello saber en qué tiempo se puede recuperar la inversión.

Utilizando el Software cristall ball y los datos de las ventas de la Compañía desde el año 2003 se obtiene los datos de partida:

En la siguiente tabla se muestran los valores de las ventas en Toneladas:

**Tabla 32**

**Valores de Ventas históricos**

	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	total de Vta tons
2003	10628,55	10872,94	11010,6	11355,72	43867,8
2004	8747,21	13483	14444,13	14359,83	51034,2
2005	11815,28	12924,41	12102,54	12830,68	49672,9
2006	10658,51	11440,39	13014,45	13610,04	48723,4
2007	10439,82	12381,7	11933,45	12547,19	47302,2
2008	10007,57	11037,66	11196,28	11355,72	43597,2
2009	9370,78375	10017,2248	9151,10957	10335,6896	38874,8
2010	9401,83939	10558,023	10801,3589	11110,464	41871,7

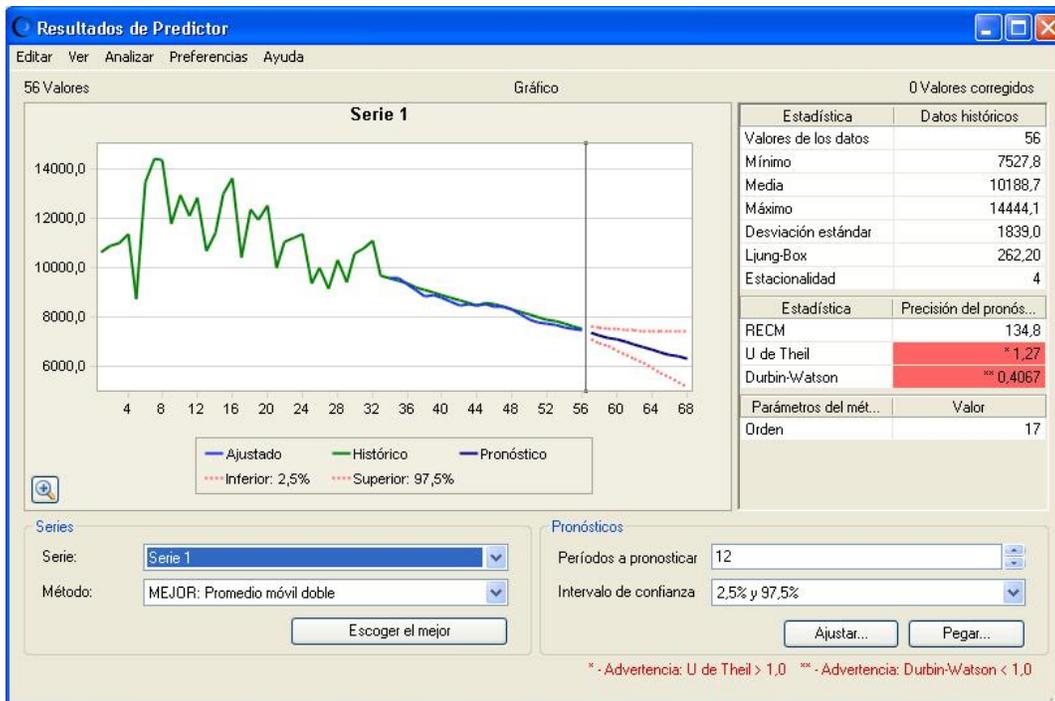


Figura 33. Pronóstico de las Ventas

Luego se realizan los pronósticos y se obtiene los valores que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 33  
Pronósticos de Ventas (en Ton)

	Trimestre1	Trimestre2	Trimestre3	Trimestre4	total de Vta tons
2003	10628,55	10872,94	11010,6	11355,72	43867,8
2004	8747,21	13483	14444,13	14359,83	51034,2
2005	11815,28	12924,41	12102,54	12830,68	49672,9
2006	10658,51	11440,39	13014,45	13610,04	48723,4
2007	10439,82	12381,7	11933,45	12547,19	47302,2
2008	10007,57	11037,66	11196,28	11355,72	43597,2
2009	9370,78375	10017,2248	9151,10957	10335,6896	38874,8
2010	9401,83939	10558,023	10801,3589	11110,464	41871,7
2011	9.679,07	9.568,17	9.457,27	9.346,37	38050,9
2012	9.235,47	9.124,57	9.013,67	8.902,77	36276,5
2013	8.791,87	8.680,96	8.570,06	8.459,16	34502,1
2014	8.604,52	8.506,64	8.408,75	8.310,87	33830,8
2015	8.212,98	8.115,10	8.017,21	7.919,33	32264,6
2016	7.821,44	7.723,56	7.625,67	7.527,79	30698,5
2017	7.372,95	7.275,83	7.178,72	7.081,60	28909,1
2018	6.984,49	6.887,37	6.790,26	6.693,14	27355,3
2019	6.596,03	6.498,91	6.401,80	6.304,68	25801,4

Donde los valores desde el año 2011 son los datos obtenidos mediante el pronóstico.

Con estos resultados obtenidos se aplica el concepto de Análisis de flujos y determinar en qué tiempo se realizara el pago del Proyecto, bajo el concepto del VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa interna de Retorno).

En la siguiente figura se observa los cálculos realizados para encontrar el valor del VAN para 5 años.

	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$ 38.295.744,15	\$ 41.871.685,24	\$ 38.050.890,29	\$ 36.276.473,96	\$ 34.502.057,62
Inversión a realizar	12.725.436,84				
<b>Costos y Gastos</b>					
Costos de Ventas	5169925	5652678	5136870	4897324	4657778
Gastos de Administracion	-382957	-382957	-382957	-382957	-382957
<b>Utilidad Operativa (EBITDA)</b>	4786968	5269720	4753913	4514367	4274820
Depreciacion	-17760	-17760	-17760	-17760	-17760
Utilidad de antes impuestos y interes (EBIT)	4769208	5251960	4736153	4496607	4257060
Gastos Financieros	-191479	-193872	-196296	-198749	-201234
Utilidad antes de Impuestos	4577729	5058088	4539857	4297857	4055827
Impuesto a la renta	-1144432	-1264522	-1134964	-1074464	-1013957
Utilidad Neta (BDT)	3433297	3793566	3404893	3223393	3041870
Gastos Financieros	191479	189085	191449	-198749	-201234
Efecto de I/R	47870	47271	47862	-49687	-50308
<b>UAIDI</b>	3576906	3935380	3548479	3074331	2890945
Depreciacion	17760	17760	17760	17760	17760
Flujo de Caja Neta	-12.726.936,84	<b>3594666</b>	<b>3953140</b>	<b>3566239</b>	<b>3092091</b>
Cam		17,03%			
Van		(\$ 1.569.831,50)			
TIR		11%			

Figura 34. Calculo del VAN a los 5 años.



Se muestra que el valor obtenido del Bann en negativo por lo que el cálculo se realiza nuevamente para 7 años y se obtiene los resultados que se muestran en la siguiente figura.

		1	2	3	4	5	6	7
Ventas Netas		\$ 38.295.744,15	\$ 41.871.685,24	\$ 38.050.890,29	\$ 36.276.473,96	\$ 34.502.057,62	\$ 33.830.780,14	\$ 32.264.619,60
Inversión a realizar	12.725.436,84							
<b>Costos y Gastos</b>								
Costos de Ventas		5169925	5652678	5136870	4897324	4657778	4567155	4355724
Gastos de Administración		-382957	-382957	-382957	-382957	-382957	-382957	-382957
<b>Utilidad Operativa (EBITDA)</b>		4786968	5269720	4753913	4514367	4274820	4184198	3972766
Depreciación		-17760	-17760	-17760	-17760	-17760	-17760	-17760
Utilidad de antes impuestos y intereses (EBIT)		4769208	5251960	4736153	4496607	4257060	4166438	3955006
Gastos Financieros		-191479	-193872	-196296	-198749	-201234	-201234	-201234
Utilidad antes de Impuestos		4577729	5058088	4539857	4297857	4055827	3965204	3753773
Impuesto a la renta		-1144432	-1264522	-1134964	-1074464	-1013957	-991301	-938443
Utilidad Neta (BDT)		3433297	3793566	3404893	3223393	3041870	2973903	2815329
Gastos Financieros		191479	189085	191449	-198749	-201234	-201234	-201234
Efecto de I/R		47870	47271	47862	-49687	-50308	-50308	-50308
<b>UAIDI</b>		3576906	3935380	3548479	3074331	2890945	2822978	2664404
Depreciación		17760	17760	17760	17760	17760	17760	17760
Flujo de Caja Neta	-12.726.936,84	3594666	3953140	3566239	3092091	2908705	2840738	2682164
<b>Cam</b>		17,03%						
<b>Van</b>		\$ 428.357,78						
<b>TIR</b>		18%						

Figura 35 Calculo del VAN a los 7 años.

La suposición inicial, de que el proyecto se pague en los primeros 5 años queda descartada puesto que según el criterio del VAN, este se vuelve positivo después del séptimo año; por lo tanto la inversión para este proyecto se recupera después del 7mo año.



*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

**espacho de Productos  
ión Dinámica**

**Maestría en Control  
de Operaciones y  
Gestión Logística**

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES:

- 1.- Con la nueva infraestructura se puede asegurar la mejora en el servicio al cliente con el incremento del número de rutas, esto aumenta la capacidad de respuesta a una mayor cantidad de clientes.
- 2.- Como resultado de la simulación, el incremento de toneladas despachadas y número de rutas, originará un incremento en el número de vehículos.
- 3.- Con la nueva instalación se asegura que, se puede hacer frente a un incremento de ventas aproximadamente del 40% como se presenta en temporadas.
- 4.- El uso de equipos eléctricos garantiza que la operación se vuelva más productiva y dinámica generando mejores resultados, porque quedó demostrado mediante Bonferroni que mejorar la velocidad incide directamente en la mejora de la productividad.
- 5.- También se pudo observar que de mantenerse una venta estable y según el pronóstico realizado, el proyecto no puede pagarse en 5 años sino que el horizonte de pagos será a 7 años.
- 6.- Se obtiene una desmejora en el índice de accidentabilidad.

## 6.2. RECOMENDACIONES:

- 1.- Hay que optimizar el uso de los equipos eléctricos, la cuenta de energía eléctrica se triplicó, con un plan de capacitación y concientización del personal operador.
- 2.- Existe un riesgo latente de accidente provocado por la operación de equipos eléctricos, por eso se debe trabajar muy rigurosamente desde su selección, capacitación y desarrollo por parte del departamento de Desarrollo Organizacional.
- 3.- Para realizar incrementos efectivos en índices de despachos (tonelada despachada), se debe buscar mecanismos para optimizar el uso de toda la implementación, como códigos de barra que baje el promedio de tiempo de despacho del montacargas.
- 4.- De igual forma, para mejorar el índice de despachos (tonelada despachada), debemos trabajar en capacitar al personal para bajar la media del tiempo que se demora el despachador en cargar la ruta, ya que trabajando con la variabilidad la mejora no es significativa.
- 5.- Se puede aumentar la velocidad de los equipos y afecta directamente aumentando el índice de toneladas despachadas.
- 6.- Utilizar las herramientas de simulación para crear ambientes virtuales para experimentar procesos de mejora.



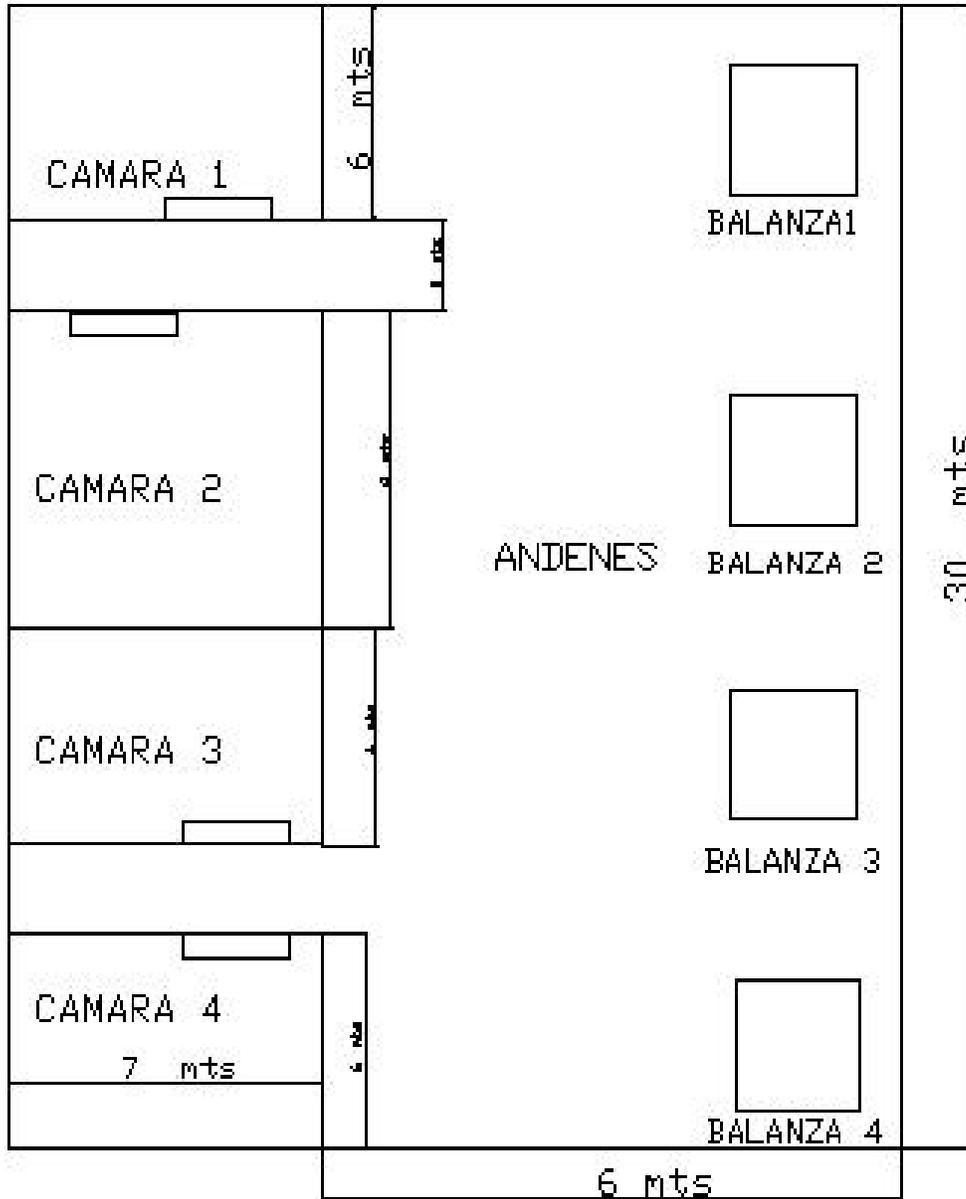
*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

**espacho de Productos  
ión Dinámica**

**Maestría en Control  
de Operaciones y  
Gestión Logística**

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

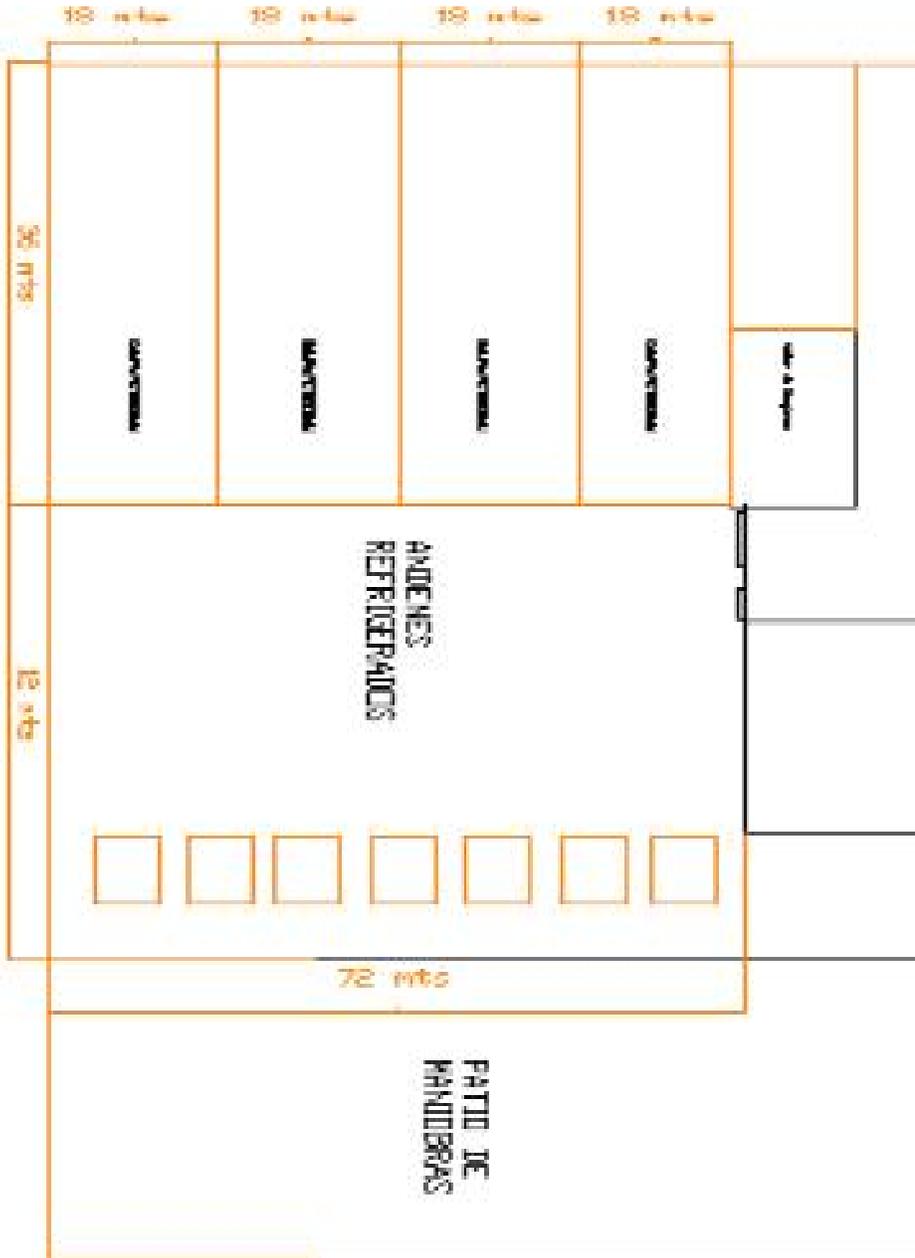
# ANEXOS



Anexo 1

Layout de Instalación Antigua

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)



Anexo 2

Layout de Instalación Nueva

TIEMPOS EN SEGUNDOS DE OPERACIÓN DEL MONTACARGAS			
camara1	camara2	camara3	camara4
168,6576	260,1912	238,4106	306,3012
181,5258	228,36	221,2704	281,8152
230,322	287,8062	253,2804	327,543
239,6262	129,7842	168,1914	205,9878
175,0092	273,3276	245,484	316,4058
239,3874	196,4868	204,1086	257,2974
85,7262	137,3958	172,29	211,8426
95,9592	365,6496	295,1958	387,4224
155,3046	224,943	219,4308	279,1872
272,1258	257,673	237,0546	304,3638
224,4072	327,7932	274,8114	358,3026
131,1516	219,0516	216,2586	274,6554
266,667	114,1158	159,7548	193,935
177,4776	301,1676	260,475	337,821
191,9382	134,8416	170,9148	209,8782
190,1436	274,674	246,2088	317,4414
268,4748	215,463	214,3266	271,8948
129,4614	264,2928	240,6192	309,456
255,5178	333,351	277,8042	362,5776
252,0018	290,0868	254,508	329,2974
216,5916	299,2932	259,4658	336,3798
182,1978	122,6586	164,355	200,5068
195,9852	280,5228	249,3582	321,9408
157,7064	324,168	272,8596	355,5138
285,6822	305,112	262,599	340,8552
275,0928	293,2512	256,212	331,7316
241,8612	264,9252	24,096	309,9426
220,4286	224,1648	219,012	278,5884
121,1358	297,1788	258,327	334,7532
236,5554	275,4126	246,6066	318,0096
186,9354	388,0596	307,263	404,6616
149,2578	296,262	257,8332	334,0476
208,0008	220,323	216,9432	275,6334
181,3974	178,2426	194,2842	243,2634
157,4796	86,8524	145,074	172,9632
231,111	158,5884	183,7014	228,1446
159,0252	105,108	154,9044	187,0062
292,8114	191,2272	201,2766	253,2516
320,5446	389,7582	308,1774	405,9678
166,737	218,5626	215,9952	274,2792
192,6474	116,5668	161,0748	195,8208
215,5986	116,5668	126,213	146,0184
216,8922	201,1362	206,6118	260,874
235,9644	281,5668	249,921	322,7442
207,4182	179,994	195,2274	244,611
244,0782	399,1734	313,2474	413,2104
208,743	416,4342	322,5414	426,4878
312,1716	174,1902	192,1026	240,1464
234,1674	199,4556	205,707	259,5816
305,5728	161,7306	185,3934	230,562

Anexo 3

Tiempo en segundos de operación del montacargas



TIEMPO TOMADO EN EL DESPACHO DE LAS RUTAS EN CADA BALANZA							
BALANZA 1		BALANZA 2		BALANZA 3		BALANZA 4	
MINUTOS	SEGUNDOS	MINUTOS	SEGUNDOS	MINUTOS	SEGUNDOS	MINUTOS	SEGUNDOS
45	21	42	39	39	26	35	50
42	16	42	3	36	35	32	35
48	2	43	11	41	55	38	40
32	42	40	9	27	44	22	28
46	37	42	55	40	37	37	11
39	10	41	26	33	43	29	18
33	26	40	18	28	25	23	15
55	35	44	41	48	54	46	39
41	56	41	59	36	16	32	13
45	6	42	37	39	13	35	35
51	54	43	57	45	30	42	46
41	22	41	52	35	45	31	37
31	11	39	51	26	20	20	51
49	19	43	27	43	7	40	3
33	11	40	15	28	11	22	59
46	45	42	56	40	44	37	20
41	1	41	48	35	25	31	15
45	45	42	44	39	48	36	16
52	27	44	4	46	0	43	21
48	15	43	14	42	7	38	54
49	9	43	25	42	57	59	51
32	0	40	1	27	6	21	44
47	19	43	3	41	16	37	56
51	33	43	53	45	11	42	24
49	42	43	31	43	28	40	27
48	33	43	18	42	24	39	14
45	49	42	45	49	52	36	20
41	51	41	58	36	12	32	9
48	56	43	22	42	45	39	38
46	50	42	57	40	48	37	24
57	45	45	7	50	55	48	57
48	51	43	21	42	40	39	32
41	29	41	53	35	51	31	45
37	24	41	5	32	5	27	26
28	32	39	19	23	53	18	4
35	30	40	42	30	19	25	25
30	18	39	41	25	31	19	56
38	40	41	20	33	15	28	46
57	55	45	9	51	4	49	8
41	19	41	51	35	42	31	34
31	25	39	54	26	33	21	7
25	8	38	39	20	44	14	28
39	37	41	31	34	8	29	47
47	25	43	4	41	21	38	2
37	34	41	7	32	14	27	37
58	50	45	20	51	54	54	6
60	30	45	40	53	27	51	52
37	0	41	0	31	43	27	1
39	27	41	29	33	59	29	37
35	48	40	46	30	36	25	44

Anexo 4

Tiempo en Minutos y segundos por despacho en cada balanza



Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

**Yale® Narrow Aisle** Lift Trucks have the ergonomic comfort and the specifications you need. Yale designs and builds narrow aisle trucks that are industry and application specific. Drive motors are application proven for efficiency, performance, and reliability. Yale® HI-Vis™ masts incorporate innovative engineering for unsurpassed visibility and solid construction.

**Yale**  
Narrow Aisle  
3,000-5,000 lb.



**NTA030-0355B**



**OS/SS030BE**



**OS030EC**



**NR/NDR030-040DA  
NR/NDR030-045EA**

Type	Yale model designation	Capacity range	Power Steering	Yale HI-Vis™ mast	Length to face of forks	Chassis width	Height	Right angle turn	Mast maximum fork height	Drive control	Voltage	Maximum travel speed-mph-empty
GENERAL	Single Reach	NR035-040DA	3500-4000	Standard	Standard	52.12-54.12	42.8	87-119	85-96	AC	24-36	6.7
	Double Reach	NDR030DA	3000	Standard	Standard	58.02-60.02	42.8	87-119	90-101	AC	24-36	6.7
DIMENSIONS	High Lift Single Reach	NR035-045EA	3500-4500	Standard	Standard	52.12-62.59	42.8	87-179	85-102	AC	36	7.4-8.0
	High Lift Double Reach	NDR030-035EA	3000-3500	Standard	Standard	58.02-68.50	42.8	87-179	90-105	AC	36	7.4-8.0
DRIVE	Order Selector	OS030EC	3000	Standard	Standard	72.03-73.03	40	89-105	-	SEM Transistor	24	6.0
	Order Selector	OS030BE	3000	Standard	Standard	74.0-75.3	40	89.4-119	-	SEM Transistor	24-36	6.0-6.5
DRIVE	Order Selector	SS030BE	3000	Standard	Standard	98.5	40	89.4-131	-	SEM Transistor	24-36	5.3-7.5
	Order Selector	NTA030-0355B	3000-3500	Standard	Standard	135.6-159.0	48-69	-	-	SEM Transistor	668	6.5

Anexo 6

Equipos Montacargas



## Hydraulic Dock Leveler

Box Beam w/Maintained Tilt

"I"-Beam w/Maintained Tilt

Anexo 7

Elevadora Hidráulica -Eléctrica

## 2. Descripción de un Sistema de Rack Selectivo

Un sistema de Rack Selectivo, está formado por alineaciones de **escalas**, erigidas verticalmente y conectadas entre sí por pares de **largueros**, que a su vez se encuentran espaciados en altura, lo suficiente para alojar las Unidades de Carga previstas (Fig. 1 y 2).

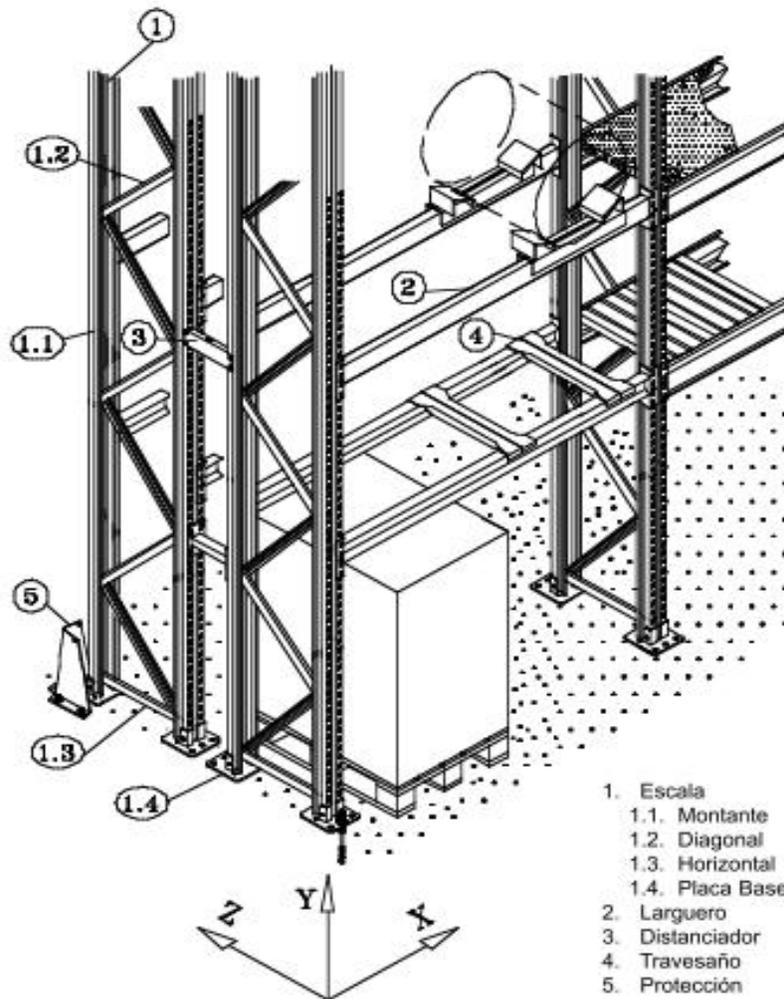
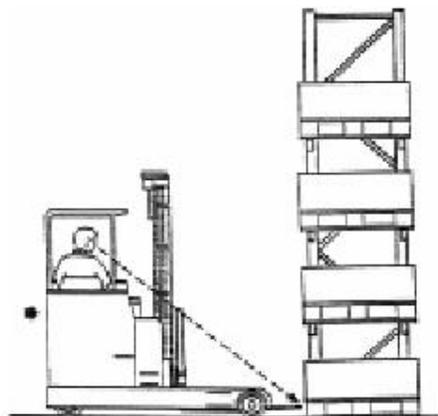


Fig. 1 - Componentes de un Rack Selectivo (APR).

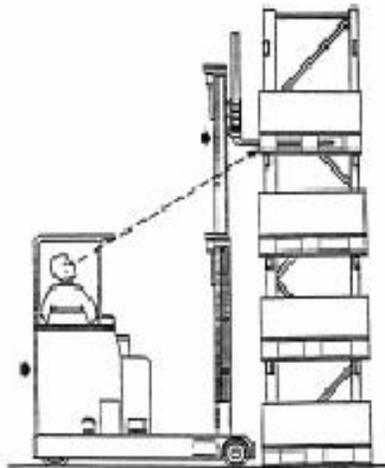
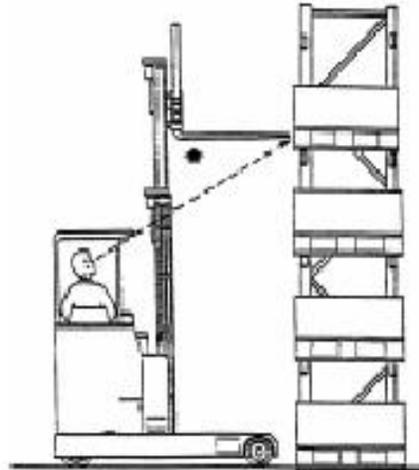
**RECOMENDACIONES PARA LA OPERACION DE DESCARGA.  
CARRETILLA RETRACTIL FEM CLASE 400.**



**OPERACION 1**  
Posicionado inicial centrado

**OPERACION 2**

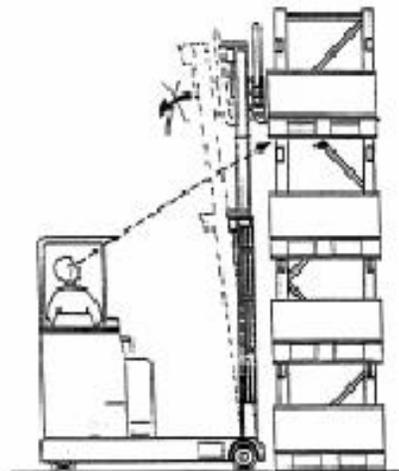
Observación, Centrado

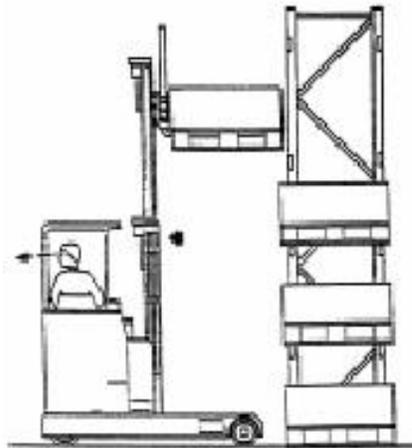


**OPERACION 3**

Entrada limpia

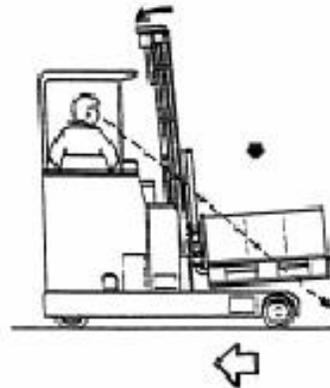
**OPERACION 4**  
Paleta lo más horizontal posible





**OPERACION 5**  
Retirada.  
Observación de obstáculo

**OPERACION 6**  
Posición de trayecto.  
Carga baja.





## Lecturas sobre pruebas estadísticas

La estadística no paramétrica es una rama de la estadística que estudia las pruebas y modelos estadísticos cuya distribución subyacente no se ajusta a los llamados criterios paramétricos. Su distribución no puede ser definida a priori, pues son los datos observados los que la determinan. La utilización de estos métodos se hace recomendable cuando no se puede asumir que los datos se ajusten a una distribución conocida, cuando el nivel de medida empleado no sea, como mínimo, de intervalo.

Las principales pruebas no paramétricas son las siguientes:

- Prueba  $\chi^2$  de Pearson
- Prueba binomial
- Prueba de Anderson-Darling
- Prueba de Cochran
- Prueba de Cohen kappa
- Prueba de Fisher
- Prueba de Friedman
- Prueba de Kendall
- Prueba de Kolmogórov-Smirnov
- Prueba de Kruskal-Wallis
- Prueba de Kuiper
- Prueba de Mann-Whitney o prueba de Wilcoxon
- Prueba de McNemar
- Prueba de la mediana
- Prueba de Siegel-Tukey
- Coeficiente de correlación de Spearman
- Tablas de contingencia
- Prueba de Wald-Wolfowitz
- Prueba de los signos de Wilcoxon

La mayoría de estos test estadísticos están programados en los paquetes estadísticos más frecuentes, quedando para el investigador, simplemente, la tarea de decidir por cuál de todos ellos guiarse o qué hacer en caso de que dos test nos den resultados opuestos. Hay que decir que, para poder aplicar cada uno existen diversas hipótesis nulas que deben cumplir nuestros datos para que los resultados de aplicar el test sean fiables. Esto es, no se puede aplicar todos los test y quedarse con el que mejor convenga para la investigación sin verificar si se cumplen las hipótesis necesarias. La violación de las hipótesis necesarias para un test invalidan cualquier resultado posterior y son una de las causas más frecuentes de que un estudio sea estadísticamente incorrecto. Esto ocurre sobre todo cuando el investigador desconoce la naturaleza interna de los test y se limita a aplicarlos sistemáticamente.

En estadística, la prueba de Anderson-Darling es una prueba no paramétrica sobre si los datos de una muestra provienen de una distribución específica. La fórmula para el estadístico A determina si los datos  $\{Y_1 < \dots < Y_N\}$  (observar que los datos se deben ordenar) vienen de una distribución con función acumulativa F

$$A_2 = N \int_0^1 S(x) dx$$

Donde

$$S = \sum_{k=1}^N \frac{2k-1}{N} [\ln F(Y_k) + \ln (1 - F(Y_{N+1-k}))]$$

El estadístico de la prueba se puede entonces comparar contra las distribuciones del estadístico de prueba (dependiendo que F se utiliza) para determinar el P-valor.

La prueba <sup>2</sup> de Pearson es considerada como una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica (bondad de ajuste), indicando en qué medida las diferencias existentes entre ambas, de haberlas, se deben al azar en el contraste de hipótesis. También se utiliza para probar la independencia de dos variables entre sí, mediante la presentación de los datos en tablas de contingencia.

La fórmula que da el estadístico es la siguiente:

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(\text{observada}_i - \text{teórica}_i)^2}{\text{teórica}_i}$$

Cuanto mayor sea el valor de  $\chi^2$ , menos verosímil es que la hipótesis sea correcta. De la misma forma, cuanto más se aproxima a cero el valor de chi-cuadrado, más ajustadas están ambas distribuciones.

Los grados de libertad gl vienen dados por :

gl= (r-1)(k-1). Donde r es el número de filas y k el de columnas.

- Criterio de decisión:

Se acepta H0 cuando  $\chi^2 < \chi_t^2(r-1)(k-1)$ . En caso contrario se rechaza.

Donde t representa el valor proporcionado por las tablas, según el nivel de significación estadística elegido.

## Prueba t de Student

De Wikipedia, la enciclopedia libre  
[Saltar a navegación, búsqueda](#)

En estadística, una prueba t de Student, prueba t-Student, o Test-T es cualquier prueba en la que el estadístico utilizado tiene una distribución t de Student si la hipótesis nula es cierta. Se aplica cuando la población se asume ser normal pero el tamaño muestral es demasiado pequeño como para que el estadístico en el que está basada la inferencia esté normalmente distribuido, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real.

## Prueba de Kolmogórov-Smirnov

De Wikipedia, la enciclopedia libre

[Saltar a navegación, búsqueda](#)

En estadística, la prueba de Kolmogórov-Smirnov (también prueba K-S) es una prueba no paramétrica que se utiliza para determinar la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí.

En el caso de que queramos verificar la normalidad de una distribución, la prueba de Lilliefors conlleva algunas mejoras con respecto a la de Kolmogórov-Smirnov; y, en general, las pruebas Shapiro-Wilk o Anderson-Darling son alternativas más potentes.

Conviene tener en cuenta que la prueba Kolmogórov-Smirnov es más sensible a los valores cercanos a la mediana que a los extremos de la distribución. La prueba de Anderson-Darling proporciona igual sensibilidad con valores extremos.

## [editar] Estadístico

La distribución de los datos  $F_n$  para  $n$  observaciones  $y_i$  se define como

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{cases} 1 & \text{si } y_i \leq x, \\ 0 & \text{alternativa.} \end{cases}$$

Para dos colas el estadístico viene dado por

$$D_n^+ = \max(F_n(x) - F(x))$$

$$D_n^- = \max(F(x) - F_n(x))$$

donde  $F(x)$  es la distribución presentada como hipótesis.

## Bibliografía

- [1]. Barcia Kleber. Apuntes de clases de la materia Simulación matemática dictada en la Maestría de Control de Operaciones y logística. Febrero 2009.
- [2]. STAT::FIT® Geer Mountain Software Corporation, *Statistically Fit software*. Version 2.0. User's Guide, South Kent, 2001.
- [3]. Prueba de Kolmogórov-Smirnov, Wikipedia, la Enciclopedia libre. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Prueba\\_de\\_Kolmog%C3%B3rov-Smirnov](http://es.wikipedia.org/wiki/Prueba_de_Kolmog%C3%B3rov-Smirnov)
- [4]. Prueba de Anderson Darling. Wikipedia, la Enciclopedia libre. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Anderson\\_Darling\\_test](http://es.wikipedia.org/wiki/Anderson_Darling_test)
- [6]. Witness. © 2007 Lanner Group Ltd. Manufacturing Performance Edition. Tutorial Manual.
- [9]. Estadísticas no Parametricas , Wikipedia, la Enciclopedia libre. Disponible [http://es.wikipedia.org/wiki/Estad%C3%ADstica\\_no\\_param%C3%A9trica](http://es.wikipedia.org/wiki/Estad%C3%ADstica_no_param%C3%A9trica).
- [10]. Modelo Informático de Simulación e Información Hidrológica. Autor: Moreno Pérez José Antonio, Año: 2003, Universidad: CORDOBA. <http://www.mastesis.com/tesis/modelo+informatico+de+simulacion+e+informacion+hidrologica:102419>
- [11]. Simulación Híbrida como núcleo de Simulación de Aplicaciones Gráficas en Tiempo Real. Autor García García. Lengua Castellà UniversitatUV Departament/InstitutINFORMÀTICA. <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0613105-172930/index.html>

[12]. ALEPH: Simulación Realista de la Iluminación Global mediante técnicas de Montecarlo y Procesado paralelo. Autor: MAGALLÓN LACARTA JUAN ANTONIO; Año: 2003; Universidad: ZARAGOZA.

<http://www.mastesis.com/tesis/aleph-3A+simulaci-C3-B3n+realista+de+la+iluminaci-C3-B3n+glo:105693>

[13]. Modelo de Simulación de Deformaciones de objetos basados en la teoría de la Elasticidad. **Autores:** [Miquel Mascaró Portells](#) ; **Directores de la Tesis:** [Arnau Mir Torres](#), [Francisco José Perales López](#); **Lectura:** En la [Universitat de les Illes Balears](#) ( España ) en 2003.

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=13560>