



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
Departamento de Matemáticas

Ingeniería en Logística y Transporte

“Diseño de una política óptima de inventario para una empresa distribuidora de llantas en la ciudad de Guayaquil”

PROYECTO DE GRADUACIÓN
(Dentro de una materia de la malla)

Previo a la obtención del Título de:
Ingeniero en Logística y Transporte

Presentado por

Jessica Maribel Plaza Cabrera
Geovanny Francisco Prado León

Guayaquil-Ecuador
2013

Dedicatoria

Dedico este proyecto principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Carmen y Juan, por ser los pilares más importantes y por brindarme su apoyo y cariño incondicional sin importar las pruebas que la vida nos pone en este largo camino llamado vida. A mis hermanos Juan, Sandra y Cristhian por estar siempre presente con su voz de aliento. A mi hermana Johana que a pesar que la vida no me dio la oportunidad de conocernos ya que te fuiste muy pronto de nosotros se que siempre me guías y me cuidas. A mis amigos de siempre Jorge, Katty, Juliana, Irvin, Julito, Lourdes, Jeka por compartir las enseñanzas impartidas en las aulas de clases. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional. Y gracias a todos los que nos brindaron su ayuda en este proyecto. Gracias Dios, gracias familia, gracias vida.

Geovanny Prado León

Dedicatoria

Quiero dedicar mi Proyecto de Graduación a YHWH mi único y bello creador. A mi madre querida Janeth Cabrera y a mi papito bello José Plaza García por ser mis verdaderos amigos, quienes guiaron mi camino y porque éste es su sueño máspreciado, por el que lucharon desde que nací y que ahora se hace realidad. A mi esposo Gary Pazmiño, que más que ser un esposo es mi compañero, por su apoyo y amor incondicional para poder culminar mi carrera. A mis hermanos José Luis Plaza, Kevin Plaza, Karen Pazmiño, Kevin Pazmiño. A mis suegros Marcelo Pazmiño y Narcisa Castillo. A todos quienes pusieron un granito de arena en mi vida universitaria.

Jessica Plaza Cabrera

Agradecimiento

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar que con su ejemplo me ha hecho una persona de bien. A mi Padre por Darme el apoyo en todo este trayecto de mi carrera por darme ese ejemplo de coraje y lucha constante A mis hermanos por estar siempre presente en cada una de mis etapas. Al Ing. Erwin Delgado Bravo, director del Proyecto de Graduación, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma. Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Geovanny Prado León

Agradecimiento

Quiero agradecer primero a mi Padre eterno YHWH por darme las fuerzas necesarias para continuar por el camino correcto. Continúa a éste, mis agradecimientos son para Espol por confiar en mí, para mi Director de Proyecto el Ing. Erwin Delgado Bravo por su paciencia en el proceso de realización de nuestro trabajo de graduación. Al Ing Víctor Vega Chica por su apoyo y guía en nuestros conocimientos. Indiscutiblemente a mis padres por darme ánimos día y noche. A mi esposo por trasnochar conmigo cuando tenía tareas largas y para la ejecución de éste trabajo. A mi compañero de proyecto Geovanny Prado León por su comprensión y por su ayuda en nuestra travesía. A la empresa que nos abrió sus puertas y nos brindó todos los datos necesarios para poder realizar nuestro proyecto. A mis compañeros y maestros que en éstos años de estudio me apoyaron, enseñaron y ayudaron, tales como: Jorge Morales, Katherine Flores, Ing. Xavier Cabezas, Ing. Guillermo Baquerizo, Ing. Daniel Agreda, mi cuñada Karen Pazmiño, entre otros.

Jessica Plaza Cabrera

Declaración Expresa

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la ESPOL (Escuela Superior Politécnica Del Litoral).

Jessica Plaza Cabrera

Geovanny Prado León

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Erwin Delgado Bravo
Director del Proyecto de Graduación

Ing. Víctor Vega Chica
Delegado

Índice general

1. Introducción	15
1.1. Antecedentes	15
1.2. Problemática	16
1.3. Objetivo General	16
1.4. Objetivos Específicos	17
1.5. Hipótesis	17
2. Marco Teórico	18
2.1. Estado del arte	18
2.2. Clasificación del inventario	20
2.2.1. Control de inventario	20
2.2.2. Clasificación ABC	21
2.2.3. Controles para las zonas de la clasificación	22
2.3. Clasificación de la demanda	24
2.3.1. Demanda determinística	25
2.3.2. Demanda Estocástica	25
2.4. Prueba de hipótesis	26
2.4.1. Hipótesis y niveles de significancia	26
2.4.2. Hipótesis nula y alterna	26
2.4.3. Error tipo 1 y tipo 2	27
2.4.4. Nivel de significancia	28
2.4.5. Prueba de Kolmogorov-Smirnov	28
2.5. Modelos de inventarios	31
2.5.1. Modelos con demanda determinística	31
2.5.2. Modelos con demanda estocástica	40
2.6. Esquema para el desarrollo del problema	48
3. Diseño de la política de inventario	49
3.1. Sistema de control ABC	49
3.1.1. Definición de proporciones de cada zona	49
3.1.2. Costos de los productos	49
3.2. Clasificación de los productos	50
3.3. Prueba de hipótesis de la demanda	53
3.3.1. Hipótesis de la muestra	53
3.3.2. Definición hipótesis nula y alterna	53
3.3.3. Prueba de Kolmogorov	53
3.3.4. Resultados de la prueba	55

3.4. Modelos de inventarios a utilizar	57
3.4.1. Modelo matemático implementado en GAMS	57
3.4.2. Modelo EOQ para múltiples productos con política de pedido Power of Two para los productos tipo A	57
3.4.3. Sistema de revisión periódica multiproducto para productos tipo B y C	59
3.5. Resultados del modelo matemático	62
4. Comparación con la política actual	64
4.1. Ubicación de los productos	64
4.2. Políticas de inventario	65
5. Conclusiones y recomendaciones	67
5.1. Conclusiones	67
5.2. Recomendaciones	68
A. Modelos EOQ	69
A.1. Modelo EOQ multiproducto para productos tipo A	69
A.2. Modelo R,S para productos tipo B	74
A.3. Modelo R,S para productos tipo C	79

Índice de figuras

2.1. Modelo EOQ	33
2.2. Modelo EOQ con tiempo de demora	34
2.3. Modelo POQ	35
2.4. Modelo EOQ con descuento	37
2.5. Modelo (s,Q)	42
2.6. Modelo (s,S)	44
2.7. Modelo (R,S)	45
2.8. Modelo (R,s,S)	46
3.1. Costo de los productos	50
3.2. Valores	50
3.3. Tabla de porcentajes	51
3.4. Clasificación final	51
3.5. Clasificación final	52
3.6. Clasificación final	52
3.7. Prueba de Kolmogorov Producto tipo B	54
3.8. Prueba de Kolmogorov Producto tipo C	55
3.9. Productos tipo B	56
3.10. Productos tipo C	56
3.11. EOQ Tipo A	62
3.12. EOQ Tipo A	62
3.13. EOQ Tipo B	63
3.14. EOQ Tipo C	63
4.1. Política actual de inventario	65
4.2. Política actual de inventario	65
4.3. Política actual de inventario	66

Índice de tablas

2.1. Tabla para calcular los valores de c_α	30
2.2. Tabla para calcular los valores de $k(n)$	31
2.3. Sistemas de control	41
2.4. Valores de z	43

Resumen

La empresa objetivo es una comercializadora de llantas, la misma que no cuenta con una política de inventarios, es decir realizan su aprovisionamiento de forma empírica.

Así mismo la bodega donde ubican sus productos no tiene un orden establecido, tomando en cuenta estos dos factores la empresa incurre en altos costos de almacenamiento y se generan retrasos en los tiempos de despacho de mercadería.

Para resolver el problema de inventario se va a implementar una política de inventario que consta de tres fases:

En la primera fase se va a realizar la clasificación del inventario de acuerdo a la rotación de sus productos usando el sistema de clasificación ABC, considerando los precios de venta y las demandas respectivas de cada producto.

La segunda fase consiste en realizar una prueba de bondad de ajuste para determinar el tipo de distribución estadística que siguen cierto tipo de productos. Esto se va a realizar a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov utilizando las demandas de cada producto en una determinada unidad de tiempo.

La última fase consiste en aplicar un modelo matemático usando una adecuada política de inventario para cada tipo de producto considerando la distribución estadística de la misma, tomando en cuenta los costos fijos de pedido, los costos variables y de almacenaje, incluyendo el nivel de servicio que determine la empresa.

Capítulo 1

Introducción

1.1. Antecedentes

En la mayoría de los negocios, los inventarios representan una inversión relativamente alta y producen efectos importantes sobre todas las funciones principales de la empresa. Cada función tiende a generar demandas de inventario diferentes, por ejemplo:

- Ventas: Se necesitan inventarios elevados para hacer frente con rapidez a las exigencias del mercado.
- Compras: las compras elevadas minimizan los costos por unidad y los gastos de compras en general.

El control del inventario es uno de los aspectos de la administración que en la micro y pequeña empresa es muy pocas veces atendido, sin tenerse registros correctos, un responsable, políticas o sistemas que le ayuden a esta tarea.

En la mayoría de las empresas resulta de vital importancia el control de inventarios, dado que su descontrol se presta a faltantes y desperdicios, pudiendo causar un fuerte impacto sobre el rendimiento de la operación.

Al controlar el inventario se crea información precisa, que será útil para el aprovisionamiento de productos de tal manera que la cantidad almacenada de los mismos no genere desabastecimiento ni sobrantes.

Es posible determinar la cantidad necesaria para la compra semanal, también mediante hojas de cálculo, así mismo se puede conocer el monto de las compras por período, lo que permite saber cuánto es necesario invertir.

1.2. Problemática

En la actualidad la empresa cuenta con grandes volúmenes de mercadería, pero al no contar con una política adecuada para el manejo de sus productos ocasiona la pérdida de ventas así también de clientes.

Cuando la empresa decide adquirir productos, lo realiza de forma empírica lo que conlleva, en la mayoría de los casos a tener exceso de productos en inventario, elevando los costos de mantenimiento y quedando mucha mercadería sin vender lo que genera pérdidas a la compañía.

1.3. Objetivo General

Diseñar una política óptima de manejo de inventario de los productos, previamente organizados conforme a un método de clasificación de inventarios que permita una mejor interpretación de los artículos de alta, mediana y baja rotación para el estudio, y a la

vez asignar menores montos de capitales al inventario.

1.4. Objetivos Específicos

- Clasificar los productos a través de un sistema de control analizando sus precios de almacenamiento para su posterior reubicación en la bodega.
- Determinar el tipo de demanda que siguen los productos mediante el uso de estadística inferencial para su mejor control dentro de la empresa.
- Utilizar modelos de inventarios para cada zona clasificada a través de un software de optimización y asegurar que el producto se encuentre disponible en la cantidad y momento deseados.

1.5. Hipótesis

El diseño de una política óptima de inventario para la empresa distribuidora de llantas, reducirá los costos de mantenimiento del mismo y ayudará a mejorar el sistema de pedido y despacho de los productos.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Estado del arte

Optimizar la gestión de inventarios exige sistemas que permitan comprender la finalidad del mismo, lo cual en muchos casos se vuelve un dilema ya que los empresarios no cuentan con tiempo, entendimiento y recursos para llevarlo a cabo.

A lo largo de estos años la problemática de inventarios causa preguntas frecuentes entre directivos ya que cada área tiene su preferencia respecto al tema, los financieros prefieren no tener inventarios por razón del costo del capital inmovilizado, los comerciantes por su lado prefieren que exista gran volumen de mercancía de cada referencia para que siempre este disponible, mientras que los directores operativos buscan disponer de mucho inventario de materia prima, pero de poco inventario de producto terminado para poder justificar su operación. Pero la verdad es que lo primero que se debe tener en cuenta es que los inventarios pasaron de ser un activo que se controlaba de manera contable a ser un activo de carácter estratégico, permitiéndole a las empresas llegar a un nivel de servicio esperado para sus clientes.

El problema se expone cuando una empresa productora de bienes y servicios no produce en un momento determinado la cantidad suficiente para satisfacer la demanda, por lo que debe realizar un almacenamiento protector contra posibles inexistencias.

El objetivo de los problemas de inventario es minimizar los costos (totales o esperados) del sistema sujetos a la restricción de satisfacer la demanda (conocida o aleatoria)[1]. Entre los diferentes costos que puede haber en un problema de inventario están:

- Costos de fabricación.
- Costos de mantenimiento o almacenamiento.
- Costos de penalización o rotura por no satisfacer la demanda.
- Rendimientos o ingresos. (Puede o no incluirse en el modelo).
- Costos de recuperación o salvamento. (El valor de recuperación representa el valor de desecho del artículo para la empresa, quizá a través de una venta con descuento).

Para Schroeder[2], un inventario es una cantidad almacenada de materiales que se utilizan para facilitar la producción o satisfacer las demandas del consumidor. En las Normas Cubanas de Información Financiera(NCIF) se plantea que el inventario

representa el valor de las existencias de recursos materiales destinados al consumo de la entidad o a su comercialización[3].

Según Alvarez-Buylla[4], es un conjunto de recursos o mercancías en buen estado que se encuentran almacenados con el objetivo de ser utilizados en el futuro. Desde el punto de vista jurídico, la palabra inventario se refiere al método utilizado en la determinación, por enumeración y conteo, de todos los bienes que posea una persona o una empresa, en cambio, desde el punto de vista contable tiene un sentido más limitado, al referirse sólo a las cosas u objetos que posee la empresa con ánimos de vender.

2.2. Clasificación del inventario

La clasificación es una de las mejores medidas de control interno de inventarios, dado que de aplicarse correctamente puede permitir mantener el mínimo de capital invertido en stock, entre muchos otros beneficios.

2.2.1. Control de inventario

Entre las ventajas del control del inventario[6] podemos citar:

- Establece medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen los

planes exitosamente.

- Se aplica a todo: a las cosas, a las personas, y a los actos.
- Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones, para que no vuelvan a presentarse en el futuro.
- Localiza a los sectores responsables de la administración, desde el momento en que se establecen medidas correctivas.
- Proporciona información acerca de la situación de la ejecución de los planes, sirviendo como fundamento al reiniciarse el proceso de la planeación.
- Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores.
- Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la empresa.

2.2.2. Clasificación ABC

Para este proyecto se ha decidido utilizar la clasificación ABC[7], la cual es una metodología de segmentación de productos de acuerdo a criterios preestablecidos (indicadores de importancia, tales como el costo unitario y el volumen anual demandado). El criterio en el cual se basan la mayoría de expertos en la materia es el valor de los inventarios y los porcentajes de clasificación son relativamente arbitrarios.

Generalmente la zona A de la clasificación corresponde generalmente al 80 % de la valorización del inventario, y que el 20 % restante debe dividirse entre las zonas B y C, tomando porcentajes muy cercanos al 15 % y el 5 % del valor del stock para cada zona respectivamente. Otros textos suelen asociar las zonas A, B y C con porcentajes respectivos del valor de los inventarios del 60 %, 30 % y el 10 %, sin embargo el primer caso es mucho más común, por el hecho de la conservación del principio 80-20. Vale la pena recordar que si bien los valores anteriores son una guía aplicada en muchas organizaciones, cada organización y sistema de inventarios tiene sus particularidades, y que quién aplique cada principio de ponderación debe estar sumamente consciente de la realidad de su empresa.

2.2.3. Controles para las zonas de la clasificación

Control para ZONAS A

Las unidades pertenecientes a la zona A requieren del grado de rigor más alto posible en cuanto a control. Esta zona corresponde a aquellas unidades que presentan una parte importante del valor total del inventario. El máximo control puede reservarse a las materias primas que se utilicen en forma continua y en volúmenes elevados. Para esta clase de materia prima los agentes de compras pueden celebrar contratos con los proveedores que aseguren un suministro constante y en cantidades que equiparen la proporción de utilización, tomando en cuenta medidas preventivas de gestión del riesgo como los llamados proveedores B. La zona A en cuanto a Gestión del Almacenes debe de contar con ventajas de ubicación y espacio respecto a las otras unidades de inventario, estas

ventajas son determinadas por el tipo de almacenamiento que utilice la organización.

Control para ZONAS B

Las partidas B deberán ser seguidas y controladas mediante sistemas computarizados con revisiones periódicas por parte de la administración.

Los lineamientos del modelo de inventario son debatidos con menor frecuencia que en el caso de las unidades correspondientes a la Zona A. Los costos de faltantes de existencias para este tipo de unidades deberán ser moderados a bajos y las existencias de seguridad deberán brindar un control adecuado con el quiebre de stock, aún cuando la frecuencia de órdenes es menor.

Control para ZONAS C

Esta es la zona con mayor número de unidades de inventario, por ende un sistema de control diseñado pero de rutina es adecuado para su seguimiento.

Método de clasificación

La clasificación ABC se realiza con base en el producto, el cual expresa su valor por unidad de tiempo (regularmente anual) de las ventas de cada ítem i , donde:

- D_i = Demanda anual del ítem i (unidades/año)
- v_i = Valor (costo) unitario del ítem i (unidades monetarias/unidad)
- $ValorTotal_i = D_i v_i$ (unidades monetarias/año)

Luego de aplicarse las operaciones para determinar la Valorización de los artículos, se procede a calcular el porcentaje de participación de los artículos, según la valorización (suele usarse también en cantidad, "participación en cantidad"). Este ejercicio se efectúa dividiendo la Valorización de cada ítem entre la suma total de la valorización de todos los ítems.

Luego se procede a organizar los artículos de mayor a menor según sus porcentajes, ahora estos porcentajes se acumulan. por último, se agrupan teniendo en cuenta el criterio porcentual determinado en la primera parte del método. De esta manera quedan establecidas las unidades que pertenecen a cada zona.

2.3. Clasificación de la demanda

La demanda es la cantidad de bienes y/o servicios que los compradores o consumidores están dispuestos a adquirir para satisfacer sus necesidades o deseos, quienes además, tienen la capacidad de pago para realizar la transacción a un precio determinado y en un lugar establecido[8].

La demanda de un producto puede ser de dos tipos:

- Determinística

- Estocástico

2.3.1. Demanda determinística

Es la demanda de un artículo que se conoce con certeza[9].

En un proceso de fabricación automatizado , se sabe que una máquina inserta un número de chips por minutos en un tablero de circuitos integrados, los chips son los artículos a mantenerse en inventario, la maquina es el cliente , y la demanda determinística se mide en chips por minutos.

Una demanda determinística puede ser:

- Estática: en el sentido que la tasa de consumo permanezca constante durante el transcurso del tiempo.
- Dinámica: donde la demanda se conoce con certeza, pero varía al período siguiente.

2.3.2. Demanda Estocástica

Es la demanda de un artículo que esta sujeta a una cantidad significativa de incertidumbre y variabilidad[10].

1. Estado estacionario: donde la función de densidad de probabilidad de la demanda se mantiene sin cambios con el tiempo.

2. Estado no estacionario: donde la función de densidad de probabilidad varía con el tiempo.

2.4. Prueba de hipótesis

En caso de tener una demanda probabilística es necesario realizar una prueba para determinar la naturaleza de la demanda.

La estadística inferencial es el proceso de usar la información de una muestra para describir el estado de una población[11]. Sin embargo es frecuente que usemos la información de una muestra para probar un reclamo o conjetura sobre la población. El reclamo o conjetura se refiere a una hipótesis. El proceso que corrobora si la información de una muestra sostiene o refuta el reclamo se llama prueba de hipótesis.

2.4.1. Hipótesis y niveles de significancia

En la prueba de hipótesis[13] se pone a prueba un reclamo hecho sobre la naturaleza de una población en base de la información de una muestra. El reclamo se llama hipótesis estadística, la cual es un reclamo hecho sobre la naturaleza de una población.

2.4.2. Hipótesis nula y alterna

Se pueden definir dos tipos de hipótesis:

Hipótesis Nula (H_0): premisa, reclamo, o conjetura que se pronuncia sobre la naturaleza de una o varias poblaciones.

Si la información obtenida de la muestra no apoya el reclamo en la hipótesis nula (H_0), entonces no existe evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula. Lo contrario a la hipótesis nula se llama hipótesis alterna y se representa por H_1 .

Hipótesis Alterna: Una premisa que es cierta cuando la hipótesis nula es falsa.

Para probar si la hipótesis nula es cierta, se toma una muestra aleatoria y se calcula la información, como el promedio, la proporción, etc. Esta información muestral se llama estadístico de prueba.

2.4.3. Error tipo 1 y tipo 2

En base a la información de una muestra nosotros podemos cometer dos tipos de errores en nuestra decisión.

1. Podemos rechazar un H_0 que es cierto.
2. Podemos aceptar un H_0 aunque que exista evidencia estadística suficiente para rechazarlo .

El primero se llama error Tipo 1

- Error Tipo 1: Cuando rechazamos una Hipótesis Nula que es cierta cometemos error tipo 1.

Y el segundo error se llama error Tipo 2.

- Error Tipo 2: Cuando aceptamos una Hipótesis Nula que es falsa cometemos error tipo 2.

2.4.4. Nivel de significancia

Para ser muy cuidadosos en no cometer el error tipo 1, debemos especificar la probabilidad de rechazar H_0 , denotada por α .

- La probabilidad alfa más alta de rechazar H_0 cuando H_0 es cierto se llama nivel de significancia.
- Para mantener la probabilidad de cometer el error tipo 1 baja, debemos escoger un valor pequeño de α .
- Es necesario determinar el estadístico de prueba para saber si aceptar o rechazar H_0 .
- Región Crítica o de Rechazo: Una región crítica o de rechazo es una parte de la curva de z o de la curva t donde se rechaza H_0 .
- La región puede ser de una cola o de dos dependiendo de la hipótesis alterna

2.4.5. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

La prueba de Kolmogorov-Smirnov[14] para una muestra es un procedimiento que permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica. Su objetivo es señalar si los datos provienen de una población que tiene la distribución teórica especificada, es decir, contrasta si las observaciones podrían razonablemente proceder de la distribución especificada.

Hipótesis a contrastar:

H_0 : Los datos analizados siguen una distribución M.

H_1 : Los datos analizados no siguen una distribución M.

Estadístico de contraste

$$D = \text{Max}_{1 \leq i \leq n} \left| \widehat{F}_n(X_i) - F_0(X_i) \right|$$

donde:

- X_i es el i -ésimo valor observado en la muestra (cuyos valores se han ordenado previamente de menor a mayor).
- $\widehat{F}_n(X_i)$ es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales que X_i .
- $F_0(X_i)$ es la probabilidad de observar valores menores o iguales que X_i cuando H_0 es cierta.

Así pues, D es la mayor diferencia absoluta observada entre la frecuencia acumulada observada $\widehat{F}_n(X_i)$ y la frecuencia acumulada teórica $F_0(X_i)$, obtenida a partir de la distribución de probabilidad que se especifica como hipótesis nula.

Si los valores observados $\widehat{F}_n(X_i)$ son similares a los esperados $F_0(X_i)$, el valor de D será pequeño. Cuanto mayor sea la discrepancia entre la distribución empírica $\widehat{F}_n(X_i)$ y la distribución teórica, mayor será el valor de D.

Por tanto, el criterio para la toma de la decisión entre las dos hipótesis será de la forma:

Si $D \leq D_\alpha \implies$ No existe evidencia estadística para rechazar H_0 en favor de H_1

Si $D \geq D_\alpha \implies$ No existe evidencia estadística para aceptar H_0 por lo tanto se rechaza dicha hipótesis

Donde α es el nivel de significancia y $D \leq D_\alpha$ representa el estadístico de contraste.

Para el cálculo práctico del estadístico D deben obtenerse:

$$D^+ = \text{MAX}_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - F_0(X_i) \right\}$$

$$D^- = \text{MAX}_{1 \leq i \leq n} \left\{ F_0(X_i) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

y a partir de estos valores:

$$D = \text{MAX} \{D^+, D^-\}$$

A su vez, el valor de D_α depende del tipo de distribución a probar y se encuentra tabulado. En general es de la forma:

$$D_\alpha = \frac{c_\alpha}{K(n)}$$

Donde c_α y $k(n)$ se encuentran en las tablas siguientes:

Modelo	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
General	1.224	1.358	1.628
Normal	0.819	0.895	1.035
Exponencial	0.990	1.094	1.308
Weibull n=10	0.760	0.819	0.944
Weibull n=20	0.779	0.843	0.973
Weibull n=50	0.790	0.856	0.988
Weibull n= ∞	0.803	0.874	1.007

Tabla 2.1: Tabla para calcular los valores de c_α

Distribución	$k(n)$
General	$\sqrt{n} + 0,12 + \frac{0,11}{n}$
Normal	$\sqrt{n} - 0,01 - \frac{0,85}{n}$
Exponencial	$\sqrt{n} + 0,12 + \frac{0,11}{n}$
Weibull	\sqrt{n}

Tabla 2.2: Tabla para calcular los valores de $k(n)$

2.5. Modelos de inventarios

Los inventarios están relacionados con la mantención de cantidades suficientes de bienes (insumos, repuestos, etc.)[12], que garanticen una operación fluida en un sistema o actividad comercial.

El objetivo final de cualquier modelo de inventario es dar respuesta a preguntas tales como:

1. ¿Qué cantidad de artículos deben pedirse?
2. ¿Cuándo deben pedirse?

Dependiendo del tipo de la demanda, existen modelos que nos permiten optimizar el control del inventario.

2.5.1. Modelos con demanda determinística

Bajo los siguientes supuestos:

- La demanda es conocida y constante.
- El tiempo de entrega de un pedido es constante.

- No se permiten faltantes.
- La reposición del inventario es instantánea.
- El tamaño del pedido Q es fijo.
- Existe un costo fijo K , cada vez que se coloca una orden.
- Se incurre en un costo de inventario h , por cada unidad que se mantiene en bodega por unidad de tiempo.
- El inventario inicial es cero.
- El horizonte de planeación es infinito.

Entre los posibles modelos de lote económico se pueden citar los siguientes:

Modelo del Lote Económico (EOQ)[15]

Definición de variables

D : demanda anual.

K : costo fijo de ordenar.

c : costo unitario.

Q : tamaño del lote.

T : periodo

El costo total por unidad de tiempo es:

$$CT = K \cdot \frac{D}{Q} + h \cdot \frac{Q}{2} + c \cdot d$$

Por lo que optimizando la función no lineal se obtiene que el tamaño del lote óptimo es:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

$$T^* = \frac{Q^*}{D}$$

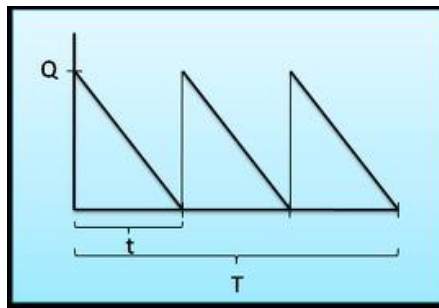


Figura 2.1: Modelo EOQ

<http://ingunilibre.blogspot.com/p/modelo-eoq-sin-faltante.html>

Inclusión del tiempo de demora del pedido

- En este caso consideraremos que existe tiempo de demora en la satisfacción del pedido.
- Conviene definir el resurtido o reorden en función del inventario existente.
- R , punto de re-orden, es el nivel del inventario disponible en el instante en que se tiene que hacer un pedido.
- R : producto entre el tiempo de demora y la tasa de demanda. $R = LD$, donde L : lead time.

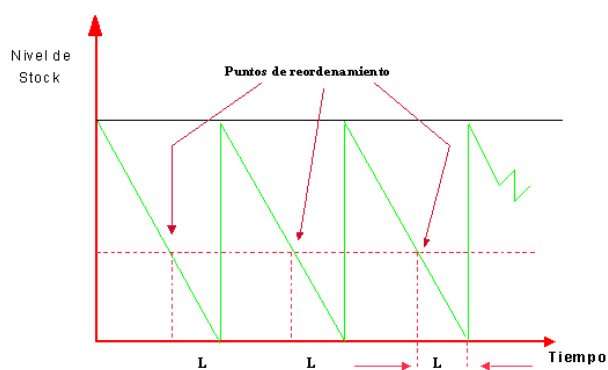


Figura 2.2: Modelo EOQ con tiempo de demora

[http://www.materiallogistica.ucv.cl/Modelo%20estoc%E1stico%20de0un0solo%20art%EDculo\(CPE\).htm](http://www.materiallogistica.ucv.cl/Modelo%20estoc%E1stico%20de0un0solo%20art%EDculo(CPE).htm)

Existencia de una tasa finita de producción

El EOQ originalmente expuesto supuso que los artículos se obtienen de un proveedor externo.

Suposiciones:

- Se producen artículos a la tasa P durante una corrida de producción.

- $P \geq D$
- Q es el tamaño de la corrida de producción.
- T es la longitud del ciclo.
- H es el nivel máximo de inventario disponible.

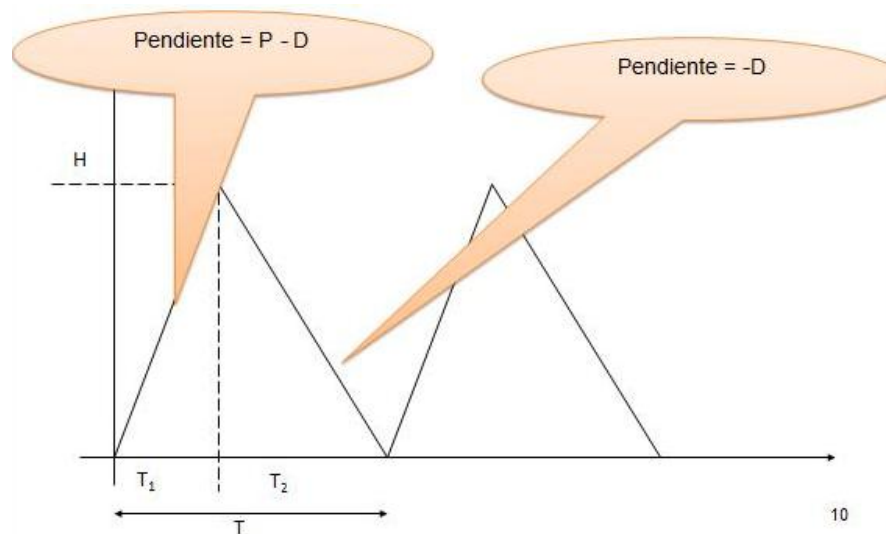


Figura 2.3: Modelo POQ

UESS, Modelos determinísticos. Extensiones

- Los artículos se producen a la tasa P durante el tiempo T_1 , entonces $Q = PT_1$.

Función de costo anual promedio:

$$C(Q) = \frac{KD}{Q} + \frac{hQ}{2} \cdot \left(\frac{1-D}{P} \right)$$

Si se define :

$$h' = h \cdot \left(\frac{1-D}{P} \right)$$

El valor de la cantidad óptima a ordenar es:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h'}}$$

Modelos de Descuento por Cantidad

Es un modelo donde el costo unitario cambia, se asume que el costo de adquisición disminuye en la medida que aumenta el tamaño de lote. Al existir un descuento por cantidad o volumen de compra se genera un incentivo a pedir lotes de un mayor tamaño, sin embargo. Esto a la vez incrementa el costo de mantener unidades en inventario. Por tanto se busca determinar la cantidad óptima a pedir para cada nivel de precios, analizar si dicho tamaño de pedido es factible, ajustar el tamaño de lote si es necesario y finalmente comparar las distintas alternativas para ver cuál de ellas provee el menor costo total.

Tipos de descuentos:

- Sobre todas las unidades.
- Incrementales.

El objetivo del análisis es calcular el mínimo de la curva discontinua de costos, la solución óptima será el EOQ máximo realizable o uno de los puntos límite mayor que ella.

En los modelos de descuentos por cantidad se define el punto de quiebre (Q_b) que representa el tamaño de orden a partir del cual se aplica el descuento..

El costo de compra del producto en caso de descuento para todas las unidades se define:

$$c = c, 0 \leq Q \leq Q_b$$

o

$$c = c', Q_b \leq Q$$

Las funciones de costo anual promedio se expresan mediante:

$$C(Q) = \frac{DK}{Q} + ic_j Q/2 + Dc_j$$

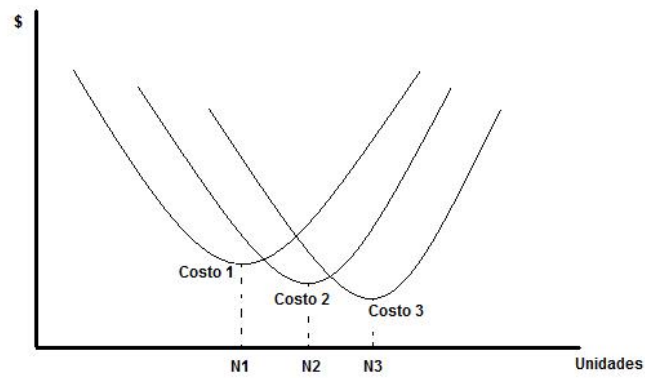


Figura 2.4: Modelo EOQ con descuento

<http://inveiooperaciones2.blogspot.com/2011/06/modelo-eoq-con-descuento-por-cantidad.html>

Modelos de Múltiples Productos con Restricciones de Recursos

El modelo de inventario consiste en determinar valores de las variables Q_1, Q_2, Q_3, Q_n para la siguiente formulación:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n \left[\frac{K_i D_i}{Q_i} + \frac{h_i Q_i}{2} \right]$$

St.

$$\sum_{i=1}^n c_i Q_i \leq C$$

$$Q_i \geq 0$$

Bajo el supuesto:

$$\frac{c_1}{h_1} = \frac{c_2}{h_2} = \dots = \frac{c_n}{h_n}$$

La solución óptima es:

$$Q_i^* = mEOQ_i$$

El multiplicador m se calcula como:

$$m = \frac{C}{\left[\sum_{i=1}^n (c_i EOQ_i) \right]}$$

Si el supuesto de proporcionalidad no se cumple:

$$\frac{c_1}{h_1} \neq \frac{c_2}{h_2} \neq \dots \neq \frac{c_n}{h_n}$$

Se utiliza la función lagrangiana, de ahí los tamaños óptimos tienen la forma:

$$Q_i^* = \sqrt{\frac{2K_i D_i}{h_i + 2\theta c_i}}$$

Donde θ es una constante que se elige para que:

$$\sum_n^{i=1} c_i Q_i^* = C$$

- La constante θ , conocida como multiplicador de Lagrange, reduce los tamaños de las órdenes aumentando el costo efectivo de inventario.
- El multiplicador actúa como una penalización para reducir el valor de Q_i^* .
- El valor de θ , puede determinarse por tanteos o con una técnica de búsqueda.
- Se puede interpretar al valor de θ , como la disminución en el costo promedio anual que resultaría al agregar una unidad más de recurso.
- En el caso de espacio físico, representaría el beneficio marginal de un m2 mas de espacio.

Modelo Power of two (Potencias de 2)

Esta política se utiliza cuando se trabaja con grandes cantidades de artículos, o en sistemas multinivel, pues permite racionalizar el proceso de la gestión de pedidos al dotarlo de una cierta estabilidad[16].

Semanalmente se realizaría la revisión de los stocks (y no de modo continuo como debería hacerse en el sistema de Gestión por Punto de Pedido).

Dentro de esta política se tiene que:

- Existen varios productos que se ordenan de un mismo proveedor
- La bodega maneja simultáneamente el inventario de una variedad de productos.
- Consiste en redondear el periodo de revisión anteriormente calculado a la potencia de 2 más próxima.
- Para calcular el período factible se debe encontrar el entero más pequeño que cumple:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}T^* \leq 2^n$$

Ventajas:

- Permite alcanzar una estabilidad real.
- Facilita la realización de programas visuales.
- Favorece la integración entre diferentes niveles de la cadena de aprovisionamiento y distribución.
- Facilita la planificación de entregas, recuentos, etc.

2.5.2. Modelos con demanda estocástica

Este modelo contempla los mismos supuestos que el modelo EOQ sin faltante, y sus ecuaciones son las mismas.

La hipótesis principal de este modelo es que la demanda durante el tiempo de entrega, tiene una distribución normal, con media μ y desviación estándar σ .

Dependiendo del tipo de producto, los demanda estocástica[17] se pueden clasificar de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2.3: Sistemas de control

Producto/Sistema	Revisión Continua	Revisión Periódica
Tipo A	(s,S)	(R,s,S)
Tipo B	(s,Q)	(R,S)

- La estructura de costo tiene la misma intuición que en los modelos estudiados.
- Se considera el stock de seguridad.
- Se establece una penalización por la existencia de los desabastecimientos (stock-outs)

$$C(Q) = \frac{KD}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + StockdeSeguridad \right) + \left(\frac{D \cdot CostodeStockOut}{2} \right) \cdot (Puntodereorden)$$

Sistema (s,Q)

- El estado del inventario siempre se conoce.
- Se toman decisiones sobre el inventario de forma continua
- Punto de orden (s)
- Cantidad a ordenar (Q)

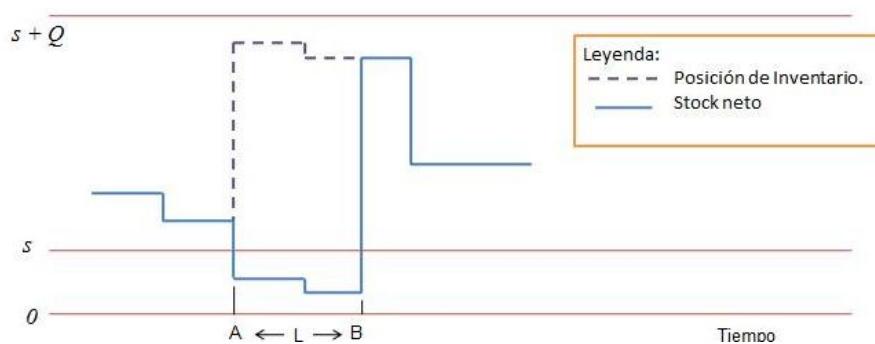


Figura 2.5: Modelo (s,Q)

ESPOL, Victor Vega. Demanda probabilística

- AVG : Demanda promedio.
 - STD : Desviación estándar de la demanda.
 - L : Lead time, tiempo de entrega de producto.
 - h: costo de mantener la unidad de producto en el inventario del distribuidor.
 - α : nivel de servicio. Implica que la probabilidad de desabastecimientos es: $1 - \alpha$
- Demanda promedio durante el lead time + Inventario de Seguridad = Punto de Orden (s)

- Demanda promedio durante el lead time. Asegura que existirá suficiente inventario hasta que la siguiente orden llegue.

$$L \cdot AVG$$

- Inventario de seguridad.

Cantidad de inventario necesaria para protegerse de desviaciones de la demanda promedio durante el lead time.

$$z \cdot STD \cdot \sqrt{L}$$

z es una constante asociada al nivel de servicio.

z puede ser reemplazado por un valor de k definido por la administración.

Nivel de servicio y valores de z .

Tabla 2.4: Valores de z

Nivel de Servicio	z
90 %	1.29
91 %	1.34
92 %	1.41
93 %	1.48
94 %	1.56
95 %	1.65
96 %	1.75
97 %	1.88
98 %	2.05
99 %	2.33
99.9 %	3.08

Sistema (s,S)

- Sistema de revisión continua. El estado del inventario siempre se conoce.

- Se toman decisiones sobre el inventario de forma continua
- Punto de orden (s)
- Cantidad hasta la que se debe ordenar (S).
- Se debe ordenar ($S-s$)

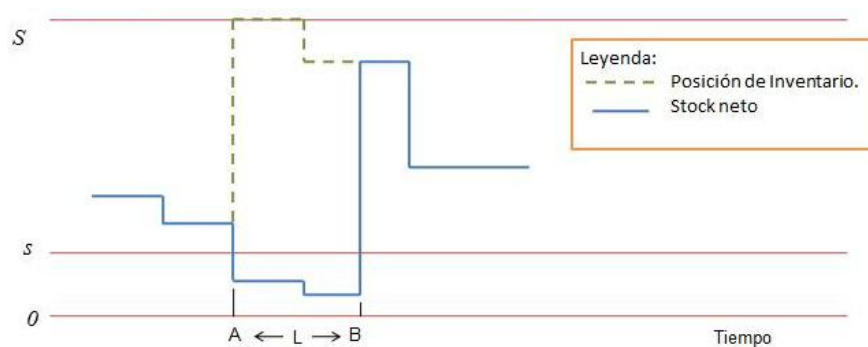


Figura 2.6: Modelo (s,S)

ESPOL, Victor Vega. Demanda probabilística

- AVG : Demanda promedio.
- STD: Desviación estándar de la demanda.
- L: Lead time, tiempo de entrega de producto.
- h: Costo de mantener la unidad de producto en el inventario del distribuidor.
- α : nivel de servicio. Implica que la probabilidad de desabastecimientos es: $1 -$

El punto de orden se calcula como se estableció anteriormente como:

$$s = (L \cdot AVG) + (Z \cdot STD \cdot \sqrt{L})$$

El nivel hasta el que se debe ordenar se define por :

$$S = \max(Q, L \cdot AVG) + (Z \cdot STD \cdot \sqrt{L})$$

Sistema (R,S)

- Sistema de revisión periódico.
- Se toman decisiones sobre el inventario cada R.
- R: intervalo de re-orden
- S: Cantidad hasta la que se debe ordenar.

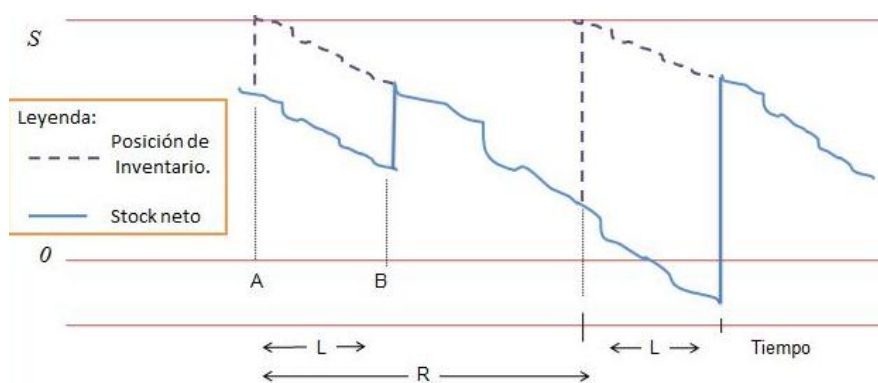


Figura 2.7: Modelo (R,S)

ESPOL, Victor Vega. Demanda probabilística

- En este caso el estado del stock se conoce de manera periódica.
- El modelo debe colocar una orden suficiente para cubrir la incertidumbre durante:
 - El tiempo de demora
 - El intervalo de re-orden.

El intervalo de re-orden se calcula como en los modelos anteriores:

$$R = \frac{Q^*}{D}$$

El nivel al que debe llegar el inventario es:

$$S = AVG \cdot (L + R) + \left(Z \cdot STD \cdot \sqrt{L + R} \right)$$

Sistema (R,s,S)

- Sistema de revisión periódico.
- Se toman decisiones sobre el inventario cada R.
- R: intervalo de re-orden
- s: nivel de re-orden
- S: Cantidad hasta la que se debe ordenar.

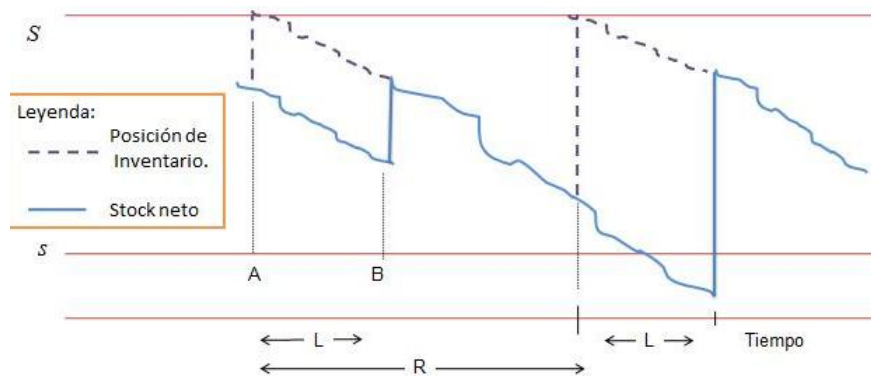


Figura 2.8: Modelo (R,s,S)

ESPOL, Victor Vega. Demanda probabilística

- Cada R períodos, se revisa la posición de inventario.

- Si la posición de inventario es menor o igual a s , ordene hasta llegar a S .

Caso contrario no ordene.

El punto de orden se calcula como se estableció anteriormente como:

$$s = (L \cdot AVG) + (Z \cdot STD \cdot \sqrt{L + R})$$

El nivel hasta el que se debe ordenar se define por :

$$S = \max(Q, L + R \cdot AVG) + (Z \cdot STD \cdot \sqrt{L + R})$$

Tiempo de Demora Variable

- En algunos casos no es real suponer que el lead time es fijo y conocido.
- En algunos casos el lead time debe suponerse distribuido normalmente con lead time promedio (AVGL) y desviación estándar (STD).L)

En este caso, el punto de re-orden (s) se calcula:

$$s = AVG \cdot AVGL + z\sqrt{AVGL \cdot STD^2 + AVG^2 \cdot STD^2}$$

El nivel order up-to (S) es la suma del inventario de seguridad y el máximo entre Q y la demanda promedio durante el lead time:

$$s = \max\{Q, AVGL \cdot AVG\} + z\sqrt{AVGL \cdot STD^2 + AVG^2 \cdot STD^2}$$

2.6. Esquema para el desarrollo del problema

Para el desarrollo de este proyecto se seguirán estos pasos:

- Clasificación del inventario mediante el uso de la política ABC.
- Determinación del tipo de demanda que siguen los productos a través de la prueba de Kolmogorv-Smirnov.
- Aplicación de los modelos de inventario definidos usando el programa de optimización GAMS.

Capítulo 3

Diseño de la política de inventario

3.1. Sistema de control ABC

Para determinar el tipo de zona correspondiente a cada producto se realizará la clasificación ABC.

3.1.1. Definición de proporciones de cada zona

En base a lo establecido en el capítulo anterior, para determinar la proporciones de cada zona se realizó un consenso con el director de operaciones de la compañía el cual asignó a cada zona el porcentaje determinado:

- Zona A: 75 %

- Zona B: 20 %

- Zona C: 5 %

3.1.2. Costos de los productos

Se van a calcular los costos anuales de cada producto multiplicando la demanda anual promedio por el valor del artículo.

Codigo	Demanda	Precio
0113461	766	\$ 70.65
0113462	723	\$ 74.45
0113464	381	\$ 83.94
0113466	674	\$ 87.96
0113467	677	\$ 83.01
0113468	771	\$ 94.56
0113469	343	\$ 109.75
0113510	1821	\$ 82.69
0113600	890	\$ 38.08
0113608	1135	\$ 79.58
0113614	686	\$ 72.07
0113615	405	\$ 83.51
0113630	5396	\$ 61.04
0113643	6022	\$ 81.04
0113650	5441	\$ 82.69
0113653	1525	\$ 94.58
0113659	2906	\$ 75.03
0113667	2819	\$ 92.64
0113669	452	\$ 85.03
0113692	358	\$ 102.66
0113735	2097	\$ 90.28
0113770	1367	\$ 95.09
0113783	306	\$ 96.95
0113795	1876	\$ 103.17
0113834	693	\$ 97.68
0113835	4326	\$ 103.71
0113836	3400	\$ 107.46
0113837	895	\$ 127.12
0113838	676	\$ 133.03
0114399	680	\$ 58.24
0121408	486	\$ 131.00

Codigo	Demanda	Precio
0121502	867	\$ 144.19
0121505	1459	\$ 175.78
0121515	1269	\$ 176.06
0121638	1043	\$ 163.12
0121650	1338	\$ 234.55
0121668	1573	\$ 216.88
0121670	1834	\$ 237.42
0121673	1958	\$ 217.71
0121680	1248	\$ 231.34
0121681	1611	\$ 247.39
0121685	1505	\$ 301.82
0123460	1191	\$ 250.34
0123741	780	\$ 239.21
0123745	1515	\$ 184.27
0123750	1555	\$ 143.93
0123751	473	\$ 196.28
0123752	1940	\$ 174.03
0123753	2355	\$ 190.72
0123761	1230	\$ 150.25
0123771	1497	\$ 194.54
0123776	2049	\$ 187.19
0123790	2323	\$ 248.99
0123803	1383	\$ 243.87
0123805	1035	\$ 209.74
0123808	1881	\$ 231.82
0123812	1811	\$ 211.43
0123820	1533	\$ 178.64
0123831	792	\$ 217.04
0123832	687	\$ 234.49
0123882	1015	\$ 194.58
0123890	419	\$ 234.92

Codigo	Demanda	Precio
0123994	671	\$ 128.80
0123996	477	\$ 146.34
0124000	355	\$ 137.24
0124001	495	\$ 154.16
0124002	529	\$ 176.99
0124006	332	\$ 152.43
0124009	627	\$ 220.61
0134212	380	\$ 814.73
0134213	408	\$ 702.80
0134214	341	\$ 919.44
0134217	452	\$ 679.65
0134222	393	\$ 656.71
0134224	433	\$ 614.33
0134225	303	\$ 655.73
0193005	769	\$ 19.87
0193007	520	\$ 27.33
0193008	585	\$ 51.07
0193011	386	\$ 30.91
0193104	304	\$ 35.83
0193114	622	\$ 50.03
0193140	480	\$ 22.95
0195016	670	\$ 104.16
0195050	621	\$ 19.49
0195052	586	\$ 19.49
0195053	856	\$ 28.00

Figura 3.1: Costo de los productos

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

3.2. Clasificación de los productos

Para clasificar los productos utilizaremos su valor anual en dólares.

Codigo	Total Anual
0113461	\$ 54,117.90
0113462	\$ 53,827.35
0113464	\$ 31,981.14
0113466	\$ 59,285.04
0113467	\$ 56,197.77
0113468	\$ 72,905.76
0113469	\$ 37,644.25
0113510	\$ 150,578.49
0113600	\$ 33,891.20
0113608	\$ 90,323.30
0113614	\$ 49,440.02
0113615	\$ 33,821.55
0113630	\$ 329,371.84
0113643	\$ 367,582.88
0113650	\$ 449,916.29
0113653	\$ 144,234.50
0113659	\$ 218,037.18
0113667	\$ 261,152.16
0113669	\$ 38,433.56
0113692	\$ 36,752.28
0113735	\$ 189,317.16
0113770	\$ 129,988.03
0113783	\$ 29,666.70
0113795	\$ 193,546.92
0113834	\$ 67,692.24
0113835	\$ 448,649.46
0113836	\$ 365,364.00
0113837	\$ 113,772.40
0113838	\$ 89,928.28
0114399	\$ 39,603.20

Codigo	Total Anual
0121408	\$ 63,666.00
0121502	\$ 125,012.73
0121505	\$ 256,463.02
0121515	\$ 223,420.14
0121638	\$ 170,134.16
0121650	\$ 313,827.90
0121668	\$ 341,152.24
0121670	\$ 435,428.28
0121673	\$ 426,276.18
0121680	\$ 288,712.32
0121681	\$ 398,545.29
0121685	\$ 454,239.10
0123460	\$ 298,154.94
0123741	\$ 186,583.80
0123745	\$ 279,169.05
0123750	\$ 223,811.15
0123751	\$ 92,840.44
0123752	\$ 337,618.20
0123753	\$ 449,145.60
0123761	\$ 184,807.50
0123771	\$ 291,226.38
0123776	\$ 383,552.31
0123790	\$ 578,403.77
0123803	\$ 337,272.21
0123805	\$ 217,080.90
0123808	\$ 436,053.42
0123812	\$ 382,899.73
0123820	\$ 273,855.12
0123831	\$ 171,895.68
0123832	\$ 161,094.63

Codigo	Total Anual
0123882	\$ 197,498.70
0123890	\$ 98,431.48
0123994	\$ 86,424.80
0123996	\$ 69,804.18
0124000	\$ 48,720.20
0124001	\$ 76,309.20
0124002	\$ 93,627.71
0124006	\$ 50,606.76
0124009	\$ 138,322.47
0134212	\$ 309,597.40
0134213	\$ 286,742.40
0134214	\$ 313,529.04
0134217	\$ 307,201.80
0134222	\$ 258,087.03
0134224	\$ 266,004.89
0134225	\$ 198,686.19
0193005	\$ 15,280.03
0193007	\$ 14,211.60
0193008	\$ 29,875.95
0193011	\$ 11,931.26
0193104	\$ 10,892.32
0193114	\$ 31,118.66
0193140	\$ 11,016.00
0195016	\$ 69,787.20
0195050	\$ 12,103.29
0195052	\$ 11,421.14
0195053	\$ 23,968.00
Total Anual	\$ 16,060,564.74

Figura 3.2: Valores

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

El siguiente paso es determinar la participación porcentual, y esta se acumula. Luego se ordena de mayor a menor porcentaje del valor total.

Codigo	Total Anual	Porcentaje	Codigo	Total Anual	Porcentaje	Codigo	Total Anual	Porcentaje
013461	\$ 54,117.90	0.34%	012408	\$ 63,666.00	0.40%	012382	\$ 197,498.70	1.23%
013462	\$ 53,827.35	0.34%	012409	\$ 125,012.73	0.78%	012389	\$ 98,431.48	0.61%
013464	\$ 31,981.14	0.20%	012405	\$ 256,463.02	1.60%	012394	\$ 86,424.80	0.54%
013466	\$ 59,285.04	0.37%	012415	\$ 223,420.14	1.39%	012396	\$ 69,804.18	0.43%
013467	\$ 56,197.77	0.35%	012438	\$ 170,134.16	1.06%	012400	\$ 48,720.20	0.30%
013468	\$ 72,905.76	0.45%	012450	\$ 313,827.90	1.95%	012401	\$ 76,309.20	0.48%
013469	\$ 37,644.25	0.23%	012468	\$ 341,152.24	2.12%	012402	\$ 93,627.71	0.58%
013510	\$ 150,578.49	0.94%	012470	\$ 435,428.28	2.71%	012406	\$ 50,606.76	0.32%
013600	\$ 33,891.20	0.21%	012473	\$ 426,276.18	2.65%	012408	\$ 138,322.47	0.86%
013608	\$ 90,323.30	0.56%	012480	\$ 288,712.32	1.80%	013421	\$ 309,597.40	1.93%
013614	\$ 49,440.02	0.31%	012481	\$ 398,545.29	2.48%	013421b	\$ 286,742.40	1.79%
013615	\$ 33,821.55	0.21%	012485	\$ 454,239.10	2.83%	013421d	\$ 313,529.04	1.95%
013630	\$ 329,371.84	2.05%	012460	\$ 298,154.94	1.86%	013421f	\$ 307,201.80	1.91%
013643	\$ 367,582.88	2.29%	012471	\$ 186,583.80	1.16%	013422	\$ 258,087.03	1.61%
013650	\$ 449,916.29	2.80%	012475	\$ 279,169.05	1.74%	013424	\$ 266,904.89	1.66%
013653	\$ 144,234.50	0.90%	012479	\$ 223,811.15	1.39%	013425	\$ 198,686.19	1.24%
013659	\$ 218,037.18	1.36%	012471	\$ 92,840.44	0.58%	013505	\$ 15,280.03	0.10%
013667	\$ 261,152.16	1.63%	012472	\$ 337,618.20	2.10%	013507	\$ 14,211.60	0.09%
01366A	\$ 38,433.56	0.24%	012473	\$ 449,145.60	2.80%	013508	\$ 39,875.95	0.19%
013682	\$ 36,752.28	0.23%	012476	\$ 184,807.50	1.15%	013501	\$ 11,591.26	0.07%
013735	\$ 189,317.16	1.18%	012477	\$ 291,226.38	1.81%	013504	\$ 10,892.32	0.07%
013770	\$ 129,988.03	0.81%	012476	\$ 383,552.31	2.39%	013514	\$ 31,118.66	0.19%
013783	\$ 29,666.70	0.18%	012478	\$ 578,403.77	3.60%	013540	\$ 11,016.00	0.07%
013785	\$ 193,546.92	1.21%	012803	\$ 337,272.21	2.10%	013516	\$ 69,787.20	0.43%
013834	\$ 67,692.24	0.42%	012805	\$ 217,080.90	1.35%	013505	\$ 12,103.29	0.08%
013835	\$ 448,649.46	2.79%	012808	\$ 436,053.42	2.72%	013502	\$ 11,421.14	0.07%
013836	\$ 365,364.00	2.27%	012812	\$ 382,899.73	2.38%	013503	\$ 23,968.00	0.15%
013837	\$ 113,772.40	0.71%	012820	\$ 273,855.12	1.71%			
013838	\$ 89,928.28	0.56%	012831	\$ 171,895.68	1.07%			
014889	\$ 39,603.20	0.25%	012832	\$ 161,094.63	1.00%			
						Total Anual	\$ 16,060,564.74	100.00%

Figura 3.3: Tabla de porcentajes

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

Por último se agrupan teniendo en cuenta el criterio definido:

Codigo	Nombre	Cantidad	Total Anual	Porcentaje	Acumulado	ABC
0123790	LLANTAS 750 R16 AMERI*890 AS	766	\$ 578,403.77	3.60%	3.60%	A
0121685	LLANTAS 225 R16 HCT II 16PR	723	\$ 454,239.10	2.83%	6.43%	
0113650	LLANTAS BARUM 115R14 BRILLANTIS 2 82H	381	\$ 449,916.29	2.80%	9.23%	
0123753	LLANTAS 225R16 VANDOC 6PR 10R107R	674	\$ 449,145.60	2.80%	12.03%	
0113835	LLANTAS 115R16 R14 CONTIPOWER CONTACT 82H	677	\$ 448,649.46	2.79%	14.82%	
0123808	LLANTAS 245R16 R14 CROSS CONTACT AT 107S	771	\$ 436,053.42	2.72%	17.54%	
0121670	LLANTAS 750 R16 SAG 10	343	\$ 435,428.28	2.71%	20.25%	
0121673	LLANTAS 750 R16 F.J. 12 PR	1821	\$ 426,276.18	2.65%	22.90%	
0121681	LLANTAS 750R16 AMERIDCOL 14PR	890	\$ 398,545.29	2.48%	25.38%	
0123776	LLANTAS LT235R15 R15 GRABBER HTS 105TL	1135	\$ 383,552.31	2.39%	27.77%	
0123812	LLANTAS 245R16 R14 GRABBER HTS 107S	686	\$ 382,899.73	2.38%	30.16%	
0113643	LLANTAS 175R16 R16 VIKING	405	\$ 367,582.88	2.29%	32.44%	
0113836	LLANTAS 115R16 R14 CONTIPOWER CONTACT 86H	5396	\$ 365,364.00	2.27%	34.72%	
0121668	LLANTAS 750 R16 HCT 12	6022	\$ 341,152.24	2.12%	36.84%	
0123752	LLANTAS 225R16 R16 GRABBER HP 95T	5441	\$ 337,618.20	2.10%	38.95%	
0123803	LLANTAS 225R16 R16 CROSS CONTACT AT 111S	1525	\$ 337,272.21	2.10%	41.05%	
0113630	LLANTAS BARUM 115R16 R14 BRILLANTIS 2 82	2906	\$ 329,371.84	2.05%	43.10%	
0121650	LLANTAS 750R16 HCT 14PR	2819	\$ 313,827.90	1.95%	45.05%	
0134214	LLANTAS AEOLUS 1200R24 HN08 16PR (MIR3)	452	\$ 313,529.04	1.95%	47.00%	
0134212	LLANTAS AEOLUS 1200R24 HN08 16PR (MIRTO)	358	\$ 309,597.40	1.93%	48.93%	
0134217	LLANTAS AEOLUS 12R22.5 HN08 16PR (MIRTO)	2097	\$ 307,201.80	1.91%	50.84%	
0123460	LLANTAS 245R16 R14 CROSS CONTACT AT 106F	1367	\$ 298,154.94	1.86%	52.70%	
0123771	LLANTAS LT 235R15 R15 GRABBER AT2	306	\$ 291,226.38	1.81%	54.51%	
0121680	LLANTAS 750 R16 AMERIDCOL 12	1876	\$ 288,712.32	1.80%	56.31%	
0134213	LLANTAS AEOLUS 12R22.5 HN33 16PR (TRACC)	693	\$ 286,742.40	1.79%	58.10%	
0123745	LLANTAS 225R16 R16 GRABBER HTS 103S	4326	\$ 279,169.05	1.74%	59.83%	
0123820	LLANTAS 215-45 R16 CROSS CONTACT AT 98T	3400	\$ 273,855.12	1.71%	61.54%	
0134224	LLANTAS AEOLUS 10R20 HN06 16PR (DIREC)	895	\$ 266,004.89	1.66%	63.20%	
0113667	LLANTAS 115R16 R14 ALTIMART RT	676	\$ 261,152.16	1.63%	64.82%	
0134222	LLANTAS AEOLUS 11R24 SHN06 16PR (TRACC)	680	\$ 258,087.03	1.61%	66.43%	
0121505	LLANTAS 700 R16 FJ 10	486	\$ 256,463.02	1.60%	68.02%	
0123750	LLANTAS 215R16 R14 4PR-GAT	867	\$ 223,811.15	1.39%	69.42%	
0121515	LLANTAS 700-15 HCT 16PR HEAVY DUTY	1459	\$ 223,420.14	1.39%	70.81%	
0113859	LLANTAS 175R16 R14 ALTIMART 82T	1269	\$ 218,037.18	1.36%	72.17%	
0123805	LLANTAS 225R16 R16 GRABBER AT2 108S	1043	\$ 217,080.90	1.35%	73.52%	
0134225	LLANTAS AEOLUS 1000R20 HN08 16PR	1338	\$ 198,686.19	1.24%	74.76%	

Figura 3.4: Clasificación final

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

0123882	LLANTAS 235/60 R16 CONTI	1573	\$ 197.498,70	1,23%	1,23%
0113795	LLANTAS 185/70 R14 ALTIMAX RT 88T	1834	\$ 193.546,92	1,21%	2,43%
0113735	LLANTAS 185/60 R14 ALTIMAX HP 82T	1958	\$ 189.317,16	1,18%	3,61%
0123741	LLANTAS 31 X 10.5 R15 GRABBER AT2 109Q	1248	\$ 186.583,80	1,16%	4,78%
0123761	LLANTAS LT205/75 R15 GRABBER AT2	1611	\$ 184.807,50	1,15%	5,93%
0123831	LLANTAS 245/75 R16 GRABBER HTS 111S	1505	\$ 171.895,68	1,07%	7,00%
0121638	LLANTAS 650 X 16 HCT8	1191	\$ 170.134,16	1,06%	8,06%
0123832	LLANTAS 255/70 R16 GRABBER HTS 111S	780	\$ 161.094,63	1,00%	9,06%
0113510	LLANTAS VIKING 185/60R14 82H PRO-TECH-600	1515	\$ 150.578,49	0,94%	10,00%
0113653	LLANTAS 175/65 R14 ALTIMAX RT	1555	\$ 144.234,50	0,90%	10,89%
0124009	LLANTAS NANKANG 235/75 R15 N889 104Q	473	\$ 138.322,47	0,86%	11,76%
0113770	LLANTAS 185/60 R14 SPORT CONTACT CH90	1940	\$ 129.988,03	0,81%	12,56%
0121502	LLANTAS 650 X 14 P.J TBL5	2355	\$ 125.012,73	0,78%	13,34%
0113837	LLANTAS 195/65R15 85H FR CONTIPOWERCONTA	1230	\$ 113.772,40	0,71%	14,05%
0123890	LLANTAS 275/60 R15 GRABBER HP 107T	1497	\$ 98.431,48	0,61%	14,66%
0124002	LLANTAS 31X10.5 R15 AT EUZCADI	2049	\$ 93.627,71	0,58%	15,25%
0123751	LLANTAS 255/60 R15 GRABBER HP 102T	2323	\$ 92.840,44	0,58%	15,83%
0113608	LLANTAS 165/65 R13 ALTIMAX 77T	1383	\$ 90.323,30	0,56%	16,39%
0113838	LLANTAS 195/60R15 CONTIPOWERCONTACT 88H	1035	\$ 89.928,28	0,56%	16,95%
0123994	LLANTAS 205/75 R15 SIDE WINDER	1881	\$ 86.424,80	0,54%	17,49%
0124001	LLANTAS NANKANG 215/65 R16 SP-5 38V	1811	\$ 76.309,20	0,48%	17,96%
0113468	LLANTAS BARUM 185/70R14 BRILLANTIS 2 88T	1533	\$ 72.905,76	0,45%	18,42%
0123996	LLANTAS 205/75 R15 GRABBER SUV	792	\$ 69.804,18	0,43%	18,85%
0113834	LLANTAS 175/65R14 CONTIPOWERCONTACT 82H	1015	\$ 67.692,24	0,42%	19,71%
0121408	LLANTAS 600 X 14 P.J 8	419	\$ 63.666,00	0,40%	20,10%

B

Figura 3.5: Clasificación final

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

0113466	LLANTAS BARUM 185/65R14 BRILLANTIS 2 86T	671	\$ 59.285,04	0,37%	0,37%
0113467	LLANTAS BARUM 185/70R13 BRILLANTIS 5 86T	477	\$ 56.197,77	0,35%	0,72%
0113461	LLANTAS BARUM 165/65 R13 BRILLANTIS 2 77	355	\$ 54.117,90	0,34%	1,06%
0113462	LLANTAS BARUM 165/70 R13 BRILLANTIS 2 79	495	\$ 53.827,35	0,34%	1,39%
0124006	LLANTAS 275/70 R16 ROAD TREKKER	529	\$ 50.606,76	0,32%	1,71%
0113614	LLANTAS 165/70 R13 XP2000 T	332	\$ 49.440,02	0,31%	2,01%
0124000	LLANTAS 235/70 R16 ROAD TREKKER	627	\$ 48.720,20	0,30%	2,32%
0114999	LLANTAS 195/70 R13 AR-300	380	\$ 39.603,20	0,25%	2,56%
0113669	LLANTAS 195/60 R13 XP2000 H	408	\$ 38.433,56	0,24%	2,80%
0113469	LLANTAS BARUM 195/60R15 BRAVURIS 2 88H	341	\$ 37.644,25	0,23%	3,04%
0113692	LLANTAS 205/60 R13 ALTIMAX 86H	452	\$ 36.752,28	0,23%	3,27%
0113600	LLANTAS 155SR-12-4PR-AS RADIAL TBL.	393	\$ 33.891,20	0,21%	3,48%
0113615	LLANTAS 165/70 R13 ALTIMAX RT	433	\$ 33.821,55	0,21%	3,69%
0113464	LLANTAS BARUM 185/60R13 BRILLANTIS 2 80T	303	\$ 31.981,14	0,20%	3,89%
0113783	LLANTAS 185/65 R14 ALTIMAX RT 86T	585	\$ 29.666,70	0,18%	4,45%

C

Figura 3.6: Clasificación final

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

3.3. Prueba de hipótesis de la demanda

3.3.1. Hipótesis de la muestra

La demanda de los productos no se conoce con certeza por lo tanto está clasificada dentro del tipo de demanda estocástica. Sin embargo debemos conocer la distribución de probabilidad que tiene la misma para poder usar el modelo de inventario adecuado y se realizará el supuesto que la demanda sigue un tipo de distribución específica.

3.3.2. Definición hipótesis nula y alterna

Se va a definir H_0 como la hipótesis nula y H_1 como la hipótesis alterna, las cuales serán declaradas de la siguiente manera :

H_0 : La muestra de un producto sigue una distribución normal.

Vs.

H_1 : La muestra de un producto no sigue una distribución normal.

3.3.3. Prueba de Kolmogorov

Para poder determinar si la muestra de un producto sigue la distribución planteada se aplicará la prueba de Kolmogorov-Smirnov definida en el capítulo 2¹ para los productos de tipo B y tipo C.

Sea i los datos de la muestra y n el tamaño de una muestra, se va a realizar el cálculo del promedio de todos los datos x_i el cual se va a denotar como \bar{x} así mismo su respectiva varianza σ^2 y la desviación estándar σ , la fórmulas de cada medida se detalla de la siguiente forma:

¹Marco teórico sección 2.5.5

²Diferencias que, en promedio, tiene cada elemento del conjunto con respecto a su media o promedio

- $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
- $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$
- $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$

Luego se ordenan los datos x_i de menor a mayor y se procede a calcular $\widehat{F}_n(X_i)$ para luego normalizar cada resultado usando el promedio y la varianza anteriormente calculados los cuales serán denotados como $z_i = \frac{F_n(X_i) - \bar{x}}{\sigma}$.

El siguiente paso será calcular cada $F_0(X_i)$ usando la distribución normal estándar y de esta forma poder encontrar los valores D^+ y D^- para poder contrastarlos con el estadístico de prueba D_α .

Artículo 0113795 LLANTAS 185/70 R14 ALTIMAX RT 88T

Demanda	x(i)	Fn(x(i))	z	D+	D-
14	1	0,11111111	0,23933183	0,12822072	0
26	2	0,22222222	0,25049522	0,028273	0,13938411
35	3	0,33333333	0,2590454	0,07428793	0,03682318
50	4	0,44444444	0,27362385	0,17082059	0,05970948
119	5	0,55555556	0,34544714	0,21010841	0,0989973
148	6	0,66666667	0,37759684	0,28906983	0,17795872
350	7	0,77777778	0,61261615	0,16516162	0,05405051
500	8	0,88888889	0,76735412	0,12153477	0,01042366
1038	9	1	0,9899024	0,0100976	0,10101351

Media	253,333333
Varianza	114125,75
Desv. Est.	337,825029
n	9
1/n	0,11111111

D	0,28906983
---	------------

D(K-5)	0,3090944
--------	-----------

Resultado	Aceptar
-----------	---------

C-Alfa	0,895
K(n)	2,89555556

Figura 3.7: Prueba de Kolmogorov Producto tipo B

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

Artículo 0113466 LLANTAS BARUM 185/65R14 BRILLANTIS 2 86T

Demanda	x(i)	Fn(x(i))	z	D+	D-
10	1	0,11111111	0,12949486	0,01838375	0
19	2	0,22222222	0,16547014	0,05675208	0,05435903
44	3	0,33333333	0,29551941	0,03781393	0,07329719
48	4	0,44444444	0,31998212	0,12446232	0,01335121
74	5	0,55555556	0,49383149	0,06172406	0,04938705
77	6	0,66666667	0,5146475	0,15201917	0,04090806
99	7	0,77777778	0,66254819	0,11522959	0,00411848
101	8	0,88888889	0,67516435	0,21372454	0,10261343
202	9	1	0,98648818	0,01351182	0,09759929

Media	74,8888889
Varianza	3304,61111
Desv. Est.	57,485747
n	9
1/n	0,11111111

D	0,21372454
---	------------

D(K-S)	0,3090944
--------	-----------

Resultado	Aceptar
-----------	---------

C-Alfa	0,895
K(n)	2,89555556

Figura 3.8: Prueba de Kolmogorov Producto tipo C

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

3.3.4. Resultados de la prueba

En su totalidad los productos siguen una función de distribución de tipo normal $N(\mu, \sigma)$ lo que nos permite aplicar el nivel de significancia de la distribución planteada para todos los productos dentro del modelo matemático.

Las pruebas de Kolmogorov-Smirnov realizadas para los productos tipo B y C arrojaron los siguientes resultados:

Codigo	Nombre	Media	Desv. Est.	Tipo Distr.
0123882	LLANTAS 235/60 R16 CONTI	112,78	76,02	Normal
0113795	LLANTAS 185/70 R14 ALTIMAX RT 88T	208,44	321,58	Normal
0113735	LLANTAS 185/60 R14 ALTIMAX HP 82T	202,22	160,67	Normal
0123741	LLANTAS 31X 10.5 R15 GRABBER AT2 109Q	114,67	126,29	Normal
0123761	LLANTAS LT205/75 R15 GRABBER AT2	141,33	134,35	Normal
0123831	LLANTAS 245/75 R16 GRABBER HTS 111S	88,00	68,84	Normal
0121638	LLANTAS 650 X 16 HCT8	133,44	141,51	Normal
0123832	LLANTAS 255/70 R16 GRABBER HTS 111S	76,33	63,92	Normal
0113510	LLANTAS VIKING 185/60R14 82H PRO-TECH500	189,56	196,49	Normal
0113653	LLANTAS 175/65 R14 ALTIMAX RT	166,89	209,21	Normal
0124009	LLANTAS NANKANG 235/75 R15 N889 104Q	101,00	110,25	Normal
0113770	LLANTAS 185/60 R14 SPORT CONTACT CH90	191,00	221,04	Normal
0121502	LLANTAS 650 X 14 PJ TBL S	169,78	185,15	Normal
0113837	LLANTAS 195/55R15 85H FR CONTIPOWERCONTA	99,44	67,83	Normal
0123890	LLANTAS 275/60 R15 GRABBER HP 107T	77,44	70,95	Normal
0124002	LLANTAS 31X10.5 R15 AT EUZCADI	105,56	70,70	Normal
0123751	LLANTAS 255/60 R15 GRABBER HP 102T	88,67	94,00	Normal
0113608	LLANTAS 165/65 R13 ALTIMAX 77T	126,11	105,91	Normal
0113838	LLANTAS 195/60R15 CONTIPOWERCONTACT 88H	83,11	73,02	Normal
0123994	LLANTAS 205/75 R15 SIDE WINDER	93,11	101,40	Normal
0124001	LLANTAS NANKANG 215/65 R16 SP-5 98V	68,44	63,50	Normal
0113468	LLANTAS BARUM 185/70R14 BRILLANTIS 2 88T	89,78	56,99	Normal
0123996	LLANTAS 205/75 R15 GRABBER SUV	80,67	82,56	Normal
0113834	LLANTAS 175/65R14 CONTIPOWERCONTACT 82H	121,11	132,04	Normal
0121408	LLANTAS 600 X 14 PJ 8	72,78	66,06	Normal

Figura 3.9: Productos tipo B

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

Codigo	Nombre	Media	Desv. Est.	Tipo Distr.
0113466	LLANTAS BARUM 185/65R14 BRILLANTIS 2 86T	74,89	57,49	Normal
0113467	LLANTAS BARUM 185/70R13 BRILLANTIS S 86T	75,22	48,18	Normal
0113461	LLANTAS BARUM 165/65 R13 BRILLANTIS 2 77	85,11	73,51	Normal
0113462	LLANTAS BARUM 165/70 R13 BRILLANTIS 2 79	80,33	77,34	Normal
0124006	LLANTAS 275/70 R16 ROAD TREKKER	36,89	92,00	Normal
0113614	LLANTAS 165/70 R13 XP2000 T	76,22	127,31	Normal
0124000	LLANTAS 235/70 R16 ROAD TREKKER	125,00	233,01	Normal
0114999	LLANTAS 195/70 R13 AR-300	75,56	226,67	Normal
0113669	LLANTAS 195/60 R13 XP2000 H	50,22	80,38	Normal
0113469	LLANTAS BARUM 195/60R15 BRAVURIS 2 88H	51,78	36,78	Normal
0113692	LLANTAS 205/60 R13 ALTIMAX 86H	50,33	52,42	Normal
0113600	LLANTAS 155SR-12-4PR-AS RADIAL TBL	98,89	149,02	Normal
0113615	LLANTAS 165/70 R13 ALTIMAX RT	46,78	41,34	Normal
0113464	LLANTAS BARUM 185/60R13 BRILLANTIS 2 80T	54,78	34,96	Normal
0113783	LLANTAS 185/65 R14 ALTIMAX RT 86T	49,89	49,32	Normal

Figura 3.10: Productos tipo C

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

3.4. Modelos de inventarios a utilizar

3.4.1. Modelo matemático implementado en GAMS

Para determinar la política de inventario se utilizará la versión académica del software de optimización GAMS dentro del cual se van a ingresar los parámetros correspondientes a cada uno de los modelos.

3.4.2. Modelo EOQ para múltiples productos con política de pedido Power of Two para los productos tipo A

Para hallar la política óptima de inventario de los productos de tipo A se aplicará un modelo EOQ para múltiples productos para lo cual se definirán los inputs y parámetros necesarios :

- **Sets** i : Productos

Parameters: *Parámetros del problema*

- $d(i)$: Demanda del producto i
- $h(i)$: Costo mantener cada unidad de producto i
- $k(i)$: Costo fijo de pedido del producto i

Se ingresan las variables, incluyendo las variables de estado del problema :

Variables

- $q(i)$: Cantidad a pedir
- $t(i)$: Tiempo entre pedidos

- $rq(i)$: Cantidad a pedir sin decimales

- z : Función objetivo

Se declaran las variables como positivas de tal forma que su valor siempre sea mayor o igual a cero.

Variables

- $q(i)$ cantidad a pedir
- $t(i)$ tiempo entre pedidos
- z Funcion objetivo

Positive variables

- $q(i)$
- $rq(i)$
- $t(i)$

Valor inicial para poder realizar una corrida en el programa

$$q.l(i)=.1$$

Ingresamos las restricciones del problema:

Equations

- obj.. $z = e = \sum(i, k(i) * d(i) / q(i) + h(i) * q(i) / 2)$ **Función objetivo**

- $\text{red}(i) \cdot \text{rq}(i) = e = \text{round}(q(i))$ **Valor entero de q**
- $\text{per}(i) \cdot t(i) = e = q(i)/d(i)$ **Tiempo entre pedidos**

Para cada tiempo entre pedidos se aplicará la política Power of Two y de esta forma se podrá controlar de manera más eficiente el pedido a los proveedores.

3.4.3. Sistema de revisión periódica multiproducto para productos tipo B y C

Para hallar la política óptima de inventario de los productos de tipo B y C se aplicará un sistema de revisión periódica R,Q para lo cual se definirán los inputs y parámetros necesarios :

- **Sets i** : Productos

Parameters: *Parámetros del problema*

- $\text{AVG}(i)$: Promedio del producto i
- $\text{STD}(i)$: Desviacion estandar del producto i
- $L(i)$: Lead Time (Tiempo de espera del producto i)
- $h(i)$: Costo mantener cada unidad de producto i
- $k(i)$: Costo fijo de pedido del prodcuto i

Luego se ingresará el nivel de servicio z como un escalar de la siguiente forma:

Scalar zeta /1.25/

Se ingresan las variables, incluyendo las variables de estado del problema :

Variables

- $d(i)$:demanda promedio
- $q(i)$: cantidad a pedir
- $r(i)$: intervalo de reorden
- $s(i)$: punto de reorden
- $Ss(i)$: stock de seguridad
- z : Función objetivo

Se declaran las variables como positivas de tal forma que su valor siempre sea mayor o igual a cero, además ingresamos las restricciones del problema:

Variables

- $d(i)$ demanda promedio
- $q(i)$ cantidad
- $qr(i)$ cantidad entera
- $s(i)$ punto de reorden
- $r(i)$ intervalo de reorden
- $Ss(i)$ Stock de seguridad
- z Funcion objetivo

Positive variables

- $q(i)$
- $Ss(i)$
- $aor(i)$
- $r(i)$

Valor inicial para poder realizar una corrida en el programa

$$q.l(i)=50$$

Equations

- $obj.. z = e = \sum(i, k(i) * d(i) / q(i) + h(i) * q(i) / 2 + h(i) * Ss(i))$ **Función objetivo**
- $dem(i).. d(i) = e = L(i) * AVG(i)$ **Valor de la demanda promedio**
- $re(i).. s(i) = e = AVG(i) * (L(i) + r(i)) + Ss(i)$ **Valor del punto de reorden**
- $seg(i).. Ss(i) = e = zeta * STD(i) * \sqrt{L(i) + r(i)}$ **Calculo del Stock de seguridad**
- $ir(i).. r(i) = e = q(i) / (AVG(i) * L(i))$ **Intervalo de reorden**
- $qred(i).. qr(i) = e = \text{round}(q(i))$ **Cantidad redondeada del valor q**

Para poder ejecutar cada uno de los modelos descritos se utilizan las siguientes sentencias:

- Model **Nombre del modelo** /all/
- Solve **Nombre del modelo** using dnlp min z

3.5. Resultados del modelo matemático

Los resultados para los productos tipo A, junto con su costo total para la compañía fueron los siguientes:

Codigo	Descripción	Tiempo	Power of Two	EOQ
123790	LLANTAS 750 R16 AMERI *550 AS	1.12	2	72
113835	LLANTAS 825 X 16 HCT II 16PR	1.20	2	67
121681	LLANTAS BARUM 185/60R14 BRILLANTIS 2 82H	1.04	2	77
113836	LLANTAS 225/70R16C VANCO 6PR 109/107R	0.42	1	190
113630	LLANTAS 185/60 R14 CONTIPOWER CONTACT82H	0.58	1	139
134217	LLANTAS 245/70 R16 CROSS CONTACT AT 107S	0.68	1	118
134213	LLANTAS 750 X 16 SAG 10	1.17	2	68
113667	LLANTAS 750 X 16 P.J.12 PR	1.20	2	67
121515	LLANTAS 750X16 AMERI DCL 14PR	0.81	1	99
121685	LLANTAS LT235/75 R15 GRABBER HTS 105T TL	1.16	2	69
123808	LLANTAS 245/70R16 GRABBER HTS 107S	1.12	2	72
123776	LLANTAS 175/70 R13 VIKING	0.92	1	87
121668	LLANTAS 185/65R14 CONTIPOWER CONTACT 86H	0.40	1	200
121650	LLANTAS 750 X 16 HCT 12	0.58	1	137
123460	LLANTAS 235/60 R15 GRABBER HP 98T	0.84	1	95
123745	LLANTAS 255/70 R16 CROSS CONTACT AT 1115	0.47	1	170
134222	LLANTAS BARUM 175/70 R13 BRILLANTIS 2 82	1.19	2	68

Figura 3.11: EOQ Tipo A

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

113659	LLANTAS 750X16 HCT 14PR	0.87	1	92
113650	LLANTAS AEDUS 1200R24 HN08 18PR (MIK)	1.58	2	51
121670	LLANTAS AEDUS 1200R20 HN08 18PR(MIKTO)	1.66	2	48
123812	LLANTAS AEDUS 12R22.5 HN08 16PR (MIKTO)	1.19	2	68
123752	LLANTAS 245/75 R16 CROSS CONTACT AT 108/	0.42	1	190
134214	LLANTAS LT 235/75 R15 GRABBER AT2	1.45	2	55
123771	LLANTAS 750 X 16 AMERI DCL 12	1.75	2	46
123820	LLANTAS AEDUS 12R22.5 HN353 18PR(TRACC)	0.53	1	150
121505	LLANTAS 225/70 R16 GRABBER HTS 103S	1.40	2	57
123805	LLANTAS 215-65 R16 CROSS CONTACT AT 98T	0.96	1	83
123753	LLANTAS AEDUS 10.00R20 HN06 16PR (DIREC	1.20	2	67
121673	LLANTAS 185/70 R13 ALTIMAX RT	0.73	1	110
113643	LLANTAS AEDUS 11R24.5 HN306 16PR(TRACC)	1.53	2	52
123803	LLANTAS 700 X 15 P.J 10	0.79	1	101
134212	LLANTAS 215/75 R14-6PR-GAT	1.63	2	49
121680	LLANTAS 700-15 HCT 10PR * HEAVY DUTY	0.72	1	112
134224	LLANTAS 175/70 R13 ALTIMAX RT 82T	1.03	2	77
123750	LLANTAS 225/75 R16 GRABBER AT2 108S	1.05	2	76
134225	LLANTAS AEDUS 1000R20 HN08 16PR	0.85	1	95

Figura 3.12: EOQ Tipo A

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

Los resultados para los productos tipo B y C, junto con sus costos totales para la compañía fueron los siguientes:

Codigo	Descripcion	Eqq	Punto Re-O.	Stock Seg.	Interv. Re-O.
0123882	LLANTAS 235/60 R16 CONTI	38	270	136	0,682
0113795	LLANTAS 185/70 R14 ALTIMAX RT 88T	36	663	487	0,342
0113795	LLANTAS 185/60 R14 ALTIMAX HP 82T	47	455	260	0,465
0123741	LLANTAS 31 X 10.5 R15 GRABBER AT2 109Q	32	335	214	0,554
0123781	LLANTAS LT205/75 R15 GRABBER AT2	37	369	225	0,526
0123831	LLANTAS 245/75 R16 GRABBER HTS 111S	33	236	127	0,74
0121638	LLANTAS 650 X 16 HCT8	35	371	236	0,518
0123832	LLANTAS 255/70 R16 GRABBER HTS 111S	30	217	119	0,781
0113510	LLANTAS VIKING 185/60R14 82H PRO-TECH500	41	489	313	0,431
0113653	LLANTAS 175/65 R14 ALTIMAX RT	35	486	332	0,425
0124009	LLANTAS NANKANG 235/75 R15 N889 104Q	30	301	191	0,597
0113770	LLANTAS 185/60 R14 SPORT CONTACT CH90	39	521	348	0,409
0121502	LLANTAS 650 X 14 PJ T8LS	38	458	297	0,448
0113837	LLANTAS 195/55R15 85H FR CONTIPOWERCONTACT	36	246	124	0,728
0123890	LLANTAS 275/60 R15 GRABBER HP 107T	29	227	131	0,746
0124002	LLANTAS 31X10.5 R15 AT EUZCADI	37	256	128	0,71
0123751	LLANTAS 255/60 R15 GRABBER HP 102T	29	268	166	0,651
0113608	LLANTAS 165/65 R13 ALTIMAX 77T	37	320	182	0,589
0113838	LLANTAS 195/60R15 CONTIPOWERCONTACT 88H	30	236	134	0,73
0123994	LLANTAS 205/75 R15 SIDE WINDER	29	282	178	0,626
0124001	LLANTAS NANKANG 215/65 R16 SP-5 98V	27	208	119	0,796
0113468	LLANTAS BARUM 185/70R14 BRILLANTIS 2 88T	36	223	107	0,792
0123996	LLANTAS 205/75 R15 GRABBER SUV	28	246	149	0,696
0113834	LLANTAS 175/65R14 CONTIPOWERCONTACT 82H	33	348	222	0,54
0121408	LLANTAS 600 X 14 PJ 8	28	216	123	0,776

Figura 3.13: EOQ Tipo B

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

Codigo	Descripcion	Eqq	Punto Re-O.	Stock Seg.	Interv. Re-O.
0113466	LLANTAS BARUM 185/65R14 BRILLANTIS 2 86T	31	207,38	108,82	0,82
0113467	LLANTAS BARUM 185/70R13 BRILLANTIS S 86T	33	196,18	93,08	0,87
0113461	LLANTAS BARUM 165/65 R13 BRILLANTIS 2 77	31	238,53	134,25	0,73
0113462	LLANTAS BARUM 165/70 R13 BRILLANTIS 2 79	29	238,46	140,74	0,72
0124006	LLANTAS 275/70 R16 ROAD TREKKER	13	212,24	167,38	0,72
0113614	LLANTAS 165/70 R13 XP2000 T	22	300,03	217,97	0,58
0124000	LLANTAS 235/70 R16 ROAD TREKKER	26	482,15	367,77	0,42
0114999	LLANTAS 195/70 R13 AR-300	16	432,02	361,45	0,43
0113669	LLANTAS 195/60 R13 XP2000 H	19	210,56	148,01	0,75
0113469	LLANTAS BARUM 195/60R15 BRAVURIS 2 88H	27	154,56	75,15	1,03
0113692	LLANTAS 205/60 R13 ALTIMAX 86H	23	173,03	102,44	0,90
0113600	LLANTAS 155SR-12-4PR-AS RADIAL TBL.	26	349,84	248,69	0,52
0113615	LLANTAS 165/70 R13 ALTIMAX RT	24	154,20	83,72	1,01
0113464	LLANTAS BARUM 185/60R13 BRILLANTIS 2 80T	29	156,00	71,60	1,04
0113783	LLANTAS 185/65 R14 ALTIMAX RT 86T	23	168,42	97,22	0,93

Figura 3.14: EOQ Tipo C

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

Capítulo 4

Comparación con la política actual

4.1. Ubicación de los productos

Situación actual

- No se conoce el tipo de rotación de los productos.
- Los productos no tienen un orden establecido dentro de la bodega.
- Bajo nivel de servicio al cliente en lo referente al cumplimiento de pedidos.

Situación bajo política ABC

- Se conoce el tipo de rotación.
- Es posible ubicar los productos de acuerdo a su tipo de rotación
- Más control sobre el inventario que la empresa almacena.
- Permite controlar el exceso de oferta de artículos específicos importantes.
- Esto permite a los trabajadores encontrar, seleccionar y empacar rápidamente los elementos

4.2. Políticas de inventario

El manejo de inventario actual se lo realiza de forma empírica por lo cual se incurre en los siguientes costos y parámetros:

Codigo	Descripción	Demandas	Pedido	Costo pedido	Costo inventario	Costo Compra	Costo Total
123790	LLANTAS 750 R16 AMERI *550 AS	64	50	497,98	12,4495	248,99	1403,40
113835	LLANTAS 825 X 16 HCT II 16PR	60	50	603,64	15,091	301,82	1607,44
121681	LLANTAS BARUM 185/60R14 BRILLANTIS 2 82H	32	50	165,38	4,1345	82,69	236,15
113836	LLANTAS 225/70R15C VANCO 6PR 109/107R	56	50	381,44	9,536	190,72	948,25
113630	LLANTAS 185/60 R14 CONTIPOWER CONTACT82H	56	50	207,42	5,1855	103,71	517,89
134217	LLANTAS 245/70 R16 CROSS CONTACT AT 107S	64	50	463,64	11,591	231,82	1315,00
134213	LLANTAS 750 X 16 SAG 10	29	50	474,84	11,871	237,42	612,87
113667	LLANTAS 750 X 16 P.J.12 PR	152	100	435,42	10,8855	217,71	2853,54
121515	LLANTAS 750X16 AMERI DCL 14PR	74	100	494,78	12,3695	247,39	1611,13
121685	LLANTAS LT235/75 R15 GRABBER HTS 105T TL	95	100	374,38	9,3595	187,19	1543,93
123808	LLANTAS 245/70R16 GRABBER HTS 107S	57	50	422,86	10,5715	211,43	1069,54
123776	LLANTAS 175/70 R13 VIKING	34	50	122,08	3,052	61,04	184,90
121668	LLANTAS 185/65R14 CONTIPOWER CONTACT 86H	450	300	214,92	5,373	107,46	4120,77
121650	LLANTAS 750 X 16 HCT 12	502	300	433,76	10,844	216,88	9265,82
123460	LLANTAS 235/60 R15 GRABBER HP 98T	453	300	348,06	8,7015	174,03	6728,28
123745	LLANTAS 255/70 R16 CROSS CONTACT AT 111S	127	100	487,74	12,1935	243,87	2685,11
134222	LLANTAS BARUM 175/70 R13 BRILLANTIS 2 82	242	250	122,08	3,052	61,04	1273,47
113659	LLANTAS 750X16 HCT 14PR	235	200	469,1	11,7275	234,55	4735,29
113650	LLANTAS AEOLUS 1200R24 HN08 18PR (MIX)	38	40	1838,88	45,972	919,44	3106,94
121670	LLANTAS AEOLUS 1200R20 HN08 18PR(MIXTO)	30	50	1629,46	40,7365	814,73	2191,40

Figura 4.1: Política actual de inventario

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

123812	LLANTAS AEOLUS 12R22.5 HN08 18PR (MIXTO)	175	200	1359,3	33,9825	679,65	10279,56
123752	LLANTAS 245/75 R16 CROSS CONTACT AT 108I	114	150	500,68	12,517	250,34	2486,41
134214	LLANTAS LT 235/75 R15 GRABBER AT2	26	30	389,08	9,727	194,54	453,12
123771	LLANTAS 750 X 16 AMERI DCL 12	156	150	462,68	11,567	231,34	3126,32
123820	LLANTAS AEOLUS 12R22.5 HN353 18PR(TRACC)	58	80	1405,6	35,14	702,8	3583,91
121505	LLANTAS 225/70 R16 GRABBER HTS 103S	361	300	368,54	9,2135	184,27	5687,85
123805	LLANTAS 215-65 R16 CROSS CONTACT AT 98T	283	300	357,28	8,932	178,64	4357,66
123753	LLANTAS AEOLUS 10.00R20 HN06 16PR (DIREC	75	100	1228,66	30,7165	614,33	4022,58
121673	LLANTAS 185/70 R13 ALTIMAX RT	56	50	185,28	4,632	92,64	461,94
113643	LLANTAS AEOLUS 11R24.5 HN306 18PR(TRACC)	57	100	1313,42	32,8355	656,71	3299,97
123803	LLANTAS 700 X 15 P.J 10	41	50	351,56	8,789	175,78	635,30
134212	LLANTAS 215/75 R14-6PR-GAT	72	100	287,86	7,1965	143,93	913,90
121680	LLANTAS 700-15 HCT 10PR * HEAVY DUTY	122	150	352,12	8,803	176,06	1862,63
134224	LLANTAS 175/70 R13 ALTIMAX RT 82T	106	100	150,06	3,7515	75,03	690,06
123750	LLANTAS 225/75 R16 GRABBER AT2 108S	87	100	419,48	10,487	209,74	1593,24
134225	LLANTAS AEOLUS 1000R20 HN08 18PR	112	100	1311,46	32,7865	655,73	6351,29
123882	LLANTAS 235/60 R16 CONTI	113	100	389,16	9,73	194,58	1905,80
113795	LLANTAS 185/70 R14 ALTIMAX RT 88T	208	200	206,34	5,16	103,17	1853,01
113735	LLANTAS 185/60 R14 ALTIMAX HP 82T	202	150	180,56	4,51	90,28	1569,88
123741	LLANTAS 31 X 10.5 R15 GRABBER AT2 109Q	115	100	478,42	11,96	239,21	2381,34
123761	LLANTAS LT205/75 R15 GRABBER AT2	141	150	300,50	7,51	150,25	1840,16
123831	LLANTAS 245/75 R16 GRABBER HTS 111S	88	100	434,08	10,85	217,04	1668,68
121638	LLANTAS 650 X 16 HCT8	133	150	326,24	8,16	163,12	1889,12
123832	LLANTAS 255/70 R16 GRABBER HTS 111S	76	100	468,98	11,72	234,49	1570,30
113510	LLANTAS VIKING 185/60R14 82H PRO-TECH500	190	150	165,38	4,13	105,36	1707,55

Figura 4.2: Política actual de inventario

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

113653	LLANTAS 175/65 R14 ALTIMAR RT	167	200	189,16	4,73	94,58	1367,92
124009	LLANTAS HANKANG 235/75 R15 N859 1040	101	150	441,22	11,03	220,61	1950,50
113770	LLANTAS 195/60 R14 SPORT CONTACT CH90	191	200	190,18	4,75	95,09	1568,27
121502	LLANTAS 600 X 14 P J BELS	170	200	288,38	7,21	144,19	2120,50
113837	LLANTAS 195/55R15 85H FR CONTIPOWERCONTA	99	80	254,24	6,36	127,12	1100,97
123890	LLANTAS 275/40 R15 GRABBER HP 10TT	77	100	469,84	11,75	234,92	1595,37
124002	LLANTAS 210/10,5 R15 AT EUZCADI	106	10	353,98	8,85	176,99	1871,92
123751	LLANTAS 255/40 R15 GRABBER HP 102T	89	50	392,56	9,81	196,28	1528,75
113608	LLANTAS 165/65 R13 ALTIMAR 7TT	126	150	153,16	3,98	79,58	872,35
113838	LLANTAS 195/60R15 CONTIPOWERCONTACT 83H	83	100	266,06	6,65	133,03	967,50
123934	LLANTAS 205/75 R15 SIDE WINDER	93	100	257,60	6,44	128,8	1046,21
124001	LLANTAS HANKANG 215/65 R16 SP-S 99V	68	100	308,32	7,71	154,16	928,99
113468	LLANTAS BARUM 185/70R14 BRILLANTIS 2 86T	90	100	189,12	4,73	94,56	741,30
123996	LLANTAS 205/75 R15 GRABBER SUV	81	100	292,68	7,32	146,34	1033,89
195016	TUBO IMP 1600-24/25 TR1775C	142	150	208,32	5,21	104,16	1281,54
113834	LLANTAS 175/65R14 CONTIPOWERCONTACT 82H	121	100	195,36	4,88	97,68	1025,91
121408	LLANTAS 600 X 14 P J 9	73	100	262,00	6,55	131	837,67
113466	LLANTAS BARUM 185/65R14 BRILLANTIS 2 86T	75	50	175,92	4,398	87,96	580,06
113467	LLANTAS BARUM 185/70R13 BRILLANTIS S 86T	75	70	166,02	4,1505	83,01	547,32
113461	LLANTAS BARUM 165/65 R13 BRILLANTIS 2 77	85	100	141,3	3,5325	70,65	525,83
113462	LLANTAS BARUM 165/70 R13 BRILLANTIS 2 79	80	100	148,9	3,7225	74,45	523,88
124006	LLANTAS 275/70 R16 ROAD TREKKER	37	40	304,86	7,6215	152,43	504,71
113614	LLANTAS 165/70 R13 SP2000 T	76	50	144,14	3,6035	72,07	483,60
124000	LLANTAS 235/70 R16 ROAD TREKKER	125	100	274,48	6,862	137,24	1486,77
114999	LLANTAS 195/70 R13 AR-200	76	50	116,48	2,912	58,24	387,43
113669	LLANTAS 195/60 R13 SP2000 H	50	75	170,06	4,2515	85,03	378,64
113469	LLANTAS BARUM 195/60R15 BRAVURIS 2 80H	52	75	219,5	5,4875	109,75	503,33
113692	LLANTAS 205/60 R13 ALTIMAR 86H	50	75	205,32	5,133	102,66	458,13
113600	LLANTAS 195SR-12-4FR-AS RADIAL TEL.	99	100	76,16	1,904	105,36	882,45
113615	LLANTAS 165/70 R13 ALTIMAR RT	47	50	167,02	4,1755	108,65	445,25
113464	LLANTAS BARUM 195/60R13 BRILLANTIS 2 80T	55	80	167,88	4,197	120,36	572,99

Figura 4.3: Política actual de inventario

Elaborado por Jessica Plaza y Geovanny Prado

- Su respectivo costo total anual es de \$ 144.322,65
- El costo con las políticas EOQ es de \$ 116.062,33.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- La empresa puede utilizar el consumo anual como base para las acciones de clasificación de los elementos de clase A debido a su mayor uso y de los elementos de la clase C debido a su menor uso.
- Almacenar una mejor combinación del inventario correcto permite a la empresa controlar el exceso de oferta de artículos específicos importantes.
- La clasificación ABC ofrece a la empresa la información para abastecerse de la mezcla correcta de inventario.
- En el almacén se puede dar prioridad a los más rápidos SKU en movimiento.
- Existen stocks de seguridad para los productos tipo B y C esto permite que no haya roturas de stock dado que su demanda es estocástica.
- El costo de inventario actual se reduce de \$ 144.322,65 a \$ 116.062,33 con una diferencia de \$ 28260.32 lo que representa un ahorro del 24.34 %.

5.2. Recomendaciones

- Aplicar la clasificación ABC para tener una mejor ubicación del producto y reducir los tiempos de pedido.
- Utilizar los resultados de los modelos de inventario ya que esto reducirá los costos anuales de esta operación.
- En caso de variar los parámetros del problema, incorporar variantes del mismo, las cuales se ajusten a las necesidades de la empresa y que permitan obtener los resultados deseados por la misma.

Anexos A

Modelos EOQ

A.1. Modelo EOQ multiproducto para productos tipo A

Sets i productos

/

0123790,

0121685,

0113650,

0123753,

0113835,

0123808,

0121670,

0121673,

0121681,

0123776,

0123812,

0113643,

0113836,

0121668,

0123752,

0123803,

0113630,

0121650,

0134214,

0134212,

0134217,

0123460,

0123771,

0121680,

0134213,

0123745,

0123820,
0134224,
0113667,
0134222,
0121505,
0123750,
0121515,
0113659,
0123805,
0134225
/

parameters

d(i) demanda
/
0123790 64
0121685 60
0113650 32
0123753 56
0113835 56
0123808 64
0121670 29
0121673 152
0121681 74
0123776 95
0123812 57
0113643 34
0113836 450
0121668 502
0123752 453
0123803 127
0113630 242
0121650 235
0134214 38
0134212 30
0134217 175
0123460 114
0123771 26
0121680 156
0134213 58
0123745 361
0123820 283
0134224 75
0113667 56

0134222	57
0121505	41
0123750	72
0121515	122
0113659	106
0123805	87
0134225	112
/	

k(i) Costo de pedido

/	
0123790	497.98
0121685	603.64
0113650	165.38
0123753	381.44
0113835	207.42
0123808	463.64
0121670	474.84
0121673	435.42
0121681	494.78
0123776	374.38
0123812	422.86
0113643	122.08
0113836	214.92
0121668	433.76
0123752	348.06
0123803	487.74
0113630	122.08
0121650	469.1
0134214	1838.88
0134212	1629.46
0134217	1359.3
0123460	500.68
0123771	389.08
0121680	462.68
0134213	1405.6
0123745	368.54
0123820	357.28
0134224	1228.66
0113667	185.28
0134222	1313.42
0121505	351.56
0123750	287.86
0121515	352.12
0113659	150.06

0123805	419.48
0134225	1311.46
/	

h(i) Costo de mantener inventario

/	
0123790	12.45
0121685	15.09
0113650	4.13
0123753	9.54
0113835	5.19
0123808	11.59
0121670	11.87
0121673	10.89
0121681	12.37
0123776	9.36
0123812	10.57
0113643	3.05
0113836	5.37
0121668	10.84
0123752	8.70
0123803	12.19
0113630	3.05
0121650	11.73
0134214	45.97
0134212	40.74
0134217	33.98
0123460	12.52
0123771	9.73
0121680	11.57
0134213	35.14
0123745	9.21
0123820	8.93
0134224	30.72
0113667	4.63
0134222	32.84
0121505	8.79
0123750	7.20
0121515	8.80
0113659	3.75
0123805	10.49
0134225	32.79
/	

Variables

```
q(i) cantidad,  
t(i) periodo ,  
z Funcion objetivo;
```

```
Positive variables
```

```
q(i)  
rq(i);
```

```
Positive variables
```

```
t(i);
```

```
q.l(i)=.1;
```

```
Equations
```

```
obj Funcion objetivo,  
red Valor entero de q ,  
per Tiempo entre pedidos;
```

```
obj.. z =e=sum(i,k(i)*d(i)/q(i) +h(i)*q(i)/2);
```

```
red(i).. rq(i)=e=round(q(i));
```

```
per(i).. t(i)=e=q(i)/d(i) ;
```

```
Model Sist /all/;
```

```
Solve Sist using dnlp min z ;
```

```
Display t.l,q.l,rq.l,z.l ;
```

A.2. Modelo R,S para productos tipo B

Sets i productos

/

0123882,

0113795,

0113735,

0123741,

0123761,

0123831,

0121638,

0123832,

0113510,

0113653,

0124009,

0113770,

0121502,

0113837,

0123890,

0124002,

0123751,

0113608,

0113838,

0123994,

0124001,

0113468,

0123996,

0195016,

0113834,

0121408

/

parameters

AVG(i) Promedio

/

0123882 112.78

0113795 208.44

0113735 202.22

0123741 114.67

0123761 141.33

0123831 88.00

0121638 133.44

0123832	76.33
0113510	189.56
0113653	166.89
0124009	101.00
0113770	191.00
0121502	169.78
0113837	99.44
0123890	77.44
0124002	105.56
0123751	88.67
0113608	126.11
0113838	83.11
0123994	93.11
0124001	68.44
0113468	89.78
0123996	80.67
0195016	142.00
0113834	121.11
0121408	72.78
/	

STD(i) Desviacion standar

/	
0123882	76.02
0113795	321.58
0113735	160.67
0123741	126.29
0123761	134.35
0123831	68.84
0121638	141.51
0123832	63.92
0113510	196.49
0113653	209.21
0124009	110.25
0113770	221.04
0121502	185.15
0113837	67.83
0123890	70.95
0124002	70.70
0123751	94.00
0113608	105.91
0113838	73.02
0123994	101.40
0124001	63.50
0113468	56.99

0123996	82.56
0195016	165.85
0113834	132.04
0121408	66.06
/	

L(i) Lead Time

/	
0123882	0.50
0113795	0.50
0113735	0.50
0123741	0.50
0123761	0.50
0123831	0.50
0121638	0.50
0123832	0.50
0113510	0.50
0113653	0.50
0124009	0.50
0113770	0.50
0121502	0.50
0113837	0.50
0123890	0.50
0124002	0.50
0123751	0.50
0113608	0.50
0113838	0.50
0123994	0.50
0124001	0.50
0113468	0.50
0123996	0.50
0195016	0.50
0113834	0.50
0121408	0.50
/	

h(i) Costo mantener producto

/	
0123882	9.73
0113795	5.16
0113735	4.51
0123741	11.96
0123761	7.51
0123831	10.85
0121638	8.16

0123832	11.72
0113510	4.13
0113653	4.73
0124009	11.03
0113770	4.75
0121502	7.21
0113837	6.36
0123890	11.75
0124002	8.85
0123751	9.81
0113608	3.98
0113838	6.65
0123994	6.44
0124001	7.71
0113468	4.73
0123996	7.32
0195016	5.21
0113834	4.88
0121408	6.55
/	

k(i) Costo de pedido

/	
0123882	389.16
0113795	206.34
0113735	180.56
0123741	478.42
0123761	300.50
0123831	434.08
0121638	326.24
0123832	468.98
0113510	165.38
0113653	189.16
0124009	441.22
0113770	190.18
0121502	288.38
0113837	254.24
0123890	469.84
0124002	353.98
0123751	392.56
0113608	159.16
0113838	266.06
0123994	257.60
0124001	308.32
0113468	189.12

```

0123996      292.68
0195016      208.32
0113834      195.36
0121408      262.00
/

```

```

scalar

```

```

zeta constante asociada al nivel de servicio del 95% /1.65/

```

```

Variables

```

```

d(i) demanda promedio,
q(i) cantidad,
qr(i) entera,
s(i) punto de reorden,
r(i) intervalo de reorden,
Ss(i) Stock de seguridad,
z Funcion objetivo;

```

```

Positive variables

```

```

q(i),Ss(i),aor(i),r(i);

```

```

q.l(i)=50;

```

```

Equations

```

```

obj Funcion objetivo,
dem Valor de la demanda promedio,
re Valor del punto de reorden,
seg Calculo del Stock de seguridad,
ir Intervalo de reorden,
qred Cantidad redondeada;

```

```

obj.. z =e=sum(i,k(i)*d(i)/q(i) +h(i)*q(i)/2 + h(i)*Ss(i));
dem(i).. d(i)=e=L(i)*AVG(i);
re(i).. s(i)=e= AVG(i)*(L(i)+r(i))+Ss(i);
seg(i).. Ss(i) =e= zeta*STD(i)*sqrt(L(i)+r(i));
ir(i).. r(i)=e=q(i)/(AVG(i)*L(i));
qred(i).. qr(i)=e=round(q(i));

```

```

Model Sist /all/;

```

```

Solve Sist using dnlp min z;

```

```

Display d.l,q.l,qr.l,s.l,Ss.l,r.l,z.l ;

```

A.3. Modelo R,S para productos tipo C

Sets i productos

/

0113466,

0113467,

0113461,

0113462,

0124006,

0113614,

0124000,

0114999,

0113669,

0113469,

0113692,

0113600,

0113615,

0113464,

0193008,

0113783,

0195053,

0193005,

0193007,

0195050,

0195052,

0193140,

0193104

/

parameters

AVG(i) Promedio

/

0113466 74.89

0113467 75.22

0113461 85.11

0113462 80.33

0124006 36.89

0113614 76.22

0124000 125.00

0114999 75.56

0113669 50.22

0113469 51.78

0113692	50.33
0113600	98.89
0113615	46.78
0113464	54.78
0193114	69.11
0193008	65.00
0113783	49.89
0195053	102.00
0193005	100.78
0193007	57.78
0195050	84.00
0195052	65.11
0193140	64.67
0193104	55.78

/

STD(i) Desviacion standar

/

0113466	57.49
0113467	48.18
0113461	73.51
0113462	77.34
0124006	92.00
0113614	127.31
0124000	233.01
0114999	226.67
0113669	80.38
0113469	36.78
0113692	52.42
0113600	149.02
0113615	41.34
0113464	34.96
0193114	140.60
0193008	164.12
0113783	49.32
0195053	135.81
0193005	123.24
0193007	146.35
0195050	138.66
0195052	128.22
0193140	81.74
0193104	55.52

/

L(i) Lead Time

/	
0113466	0.5
0113467	0.5
0113461	0.5
0113462	0.5
0124006	0.5
0113614	0.5
0124000	0.5
0114999	0.5
0113669	0.5
0113469	0.5
0113692	0.5
0113600	0.5
0113615	0.5
0113464	0.5
0193114	0.5
0193008	0.5
0113783	0.5
0195053	0.5
0193005	0.5
0193007	0.5
0195050	0.5
0195052	0.5
0193140	0.5
0193104	0.5
/	

h(i) Costo mantener producto

/	
0113466	4.398
0113467	4.1505
0113461	3.5325
0113462	3.7225
0124006	7.6215
0113614	3.6035
0124000	6.862
0114999	2.912
0113669	4.2515
0113469	5.4875
0113692	5.133
0113600	1.904
0113615	4.1755
0113464	4.197
0193114	2.5015
0193008	2.5535

0113783	4.8475
0195053	1.4
0193005	0.9935
0193007	1.3665
0195050	0.9745
0195052	0.9745
0193140	1.1475
0193104	1.79
/	

k(i) Costo de pedido

/	
0113466	175.92
0113467	166.02
0113461	141.3
0113462	148.9
0124006	304.86
0113614	144.14
0124000	274.48
0114999	116.48
0113669	170.06
0113469	219.5
0113692	205.32
0113600	76.16
0113615	167.02
0113464	167.88
0193114	100.06
0193008	102.14
0113783	193.9
0195053	56
0193005	39.74
0193007	54.66
0195050	38.98
0195052	38.98
0193140	45.9
0193104	71.66
/	

Scalar

zeta constante asociada al nivel de servicio del 95% /1.65/;

Variables

d(i) demanda promedio,

q(i) cantidad,

qr(i) entera,

```
s(i) punto de reorden,
r(i) intervalo de reorden,
Ss(i) Stock de seguridad,
z Funcion objetivo;

Positive variables
q(i),Ss(i),aor(i),r(i);

q.l(i)=50;

Equations
obj Funcion objetivo,
dem Valor de la demanda promedio,
re Valor del punto de reorden,
seg Calculo del Stock de seguridad,
ir Intervalo de reorden,
qred Cantidad redondeada;

obj.. z =e=sum(i,k(i)*d(i)/q(i) +h(i)*q(i)/2 + h(i)*Ss(i));
dem(i).. d(i)=e=L(i)*AVG(i);
re(i).. s(i)=e= AVG(i)*(L(i)+r(i))+Ss(i);
seg(i).. Ss(i) =e= zeta*STD(i)*sqrt(L(i)+r(i));
ir(i).. r(i)=e=q(i)/(AVG(i)*L(i));
qred(i).. qr(i)=e=round(q(i));

Model Sist /all/;
Solve Sist using dnlp min z;
Display d.l,q.l,qr.l,s.l,Ss.l,r.l,z.l ;
```

Bibliografía

- [1] Kamlesh Mathur-Daniel Solow. *Investigación de operaciones: el arte de la toma de decisiones*. Prentice Hall, 1996
- [2] Schroeder(1992). *Administración de operaciones: toma de decisiones en función de las operaciones*. México: Editorial: Mc Graw Hill, t. 2. 855 p
- [3] NCIF (2005) *Material de consulta de control interno. La Habana: Centro de Estudios Contables Financieros y de Seguros (CECOFIS),74 p.*
- [4] Alvarez-Buylla(2006). *Modelos económico-matemáticos*.La Habana: Editorial Félix Varela, t. 2. 652 p.
- [5] Gaither,Norman(2000). *Administración de producción y operaciones*. Editorial Thomsom. p. 355.
- [6] Pira,Rafael(2005) . *Cápítulo V control de inventario*.CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS p. 108) .
- [7] Salazar,Bryan(2010). *Clasificación de inventarios*.<http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administracion-de-inventarios/clasificacion-de-inventarios/>.
- [8] Andrade Simón (1993). *Diccionario de Economía* Tercera Edición,Editorial Andrade, Pág. 215.
- [9] Fernando Marrero (2011). *Modelos de Inventario*.
<http://fmarrerodelgado.galeon.com/inventario.htm>
- [10] Fernando Marrero (2011). *Modelos de Inventario*.
<http://fmarrerodelgado.galeon.com/inventario.htm>
- [11] García Barbancho (1986). *Estadística Elemental Moderna*.Ed. Ariel.
- [12] Juan Sánchez Ramos(2010). *MODELOS DE INVENTARIO*. Valparaíso,Facultad de Ingeniería,Escuela de Ingeniería de Transporte.
- [13] Martinez,J 2010) . *Prueba de hipótesis*.www.facultad.bayamon.inter.edu/JMARTINEZ/cursos/prueba-de-hipotesis/.
- [14] García Bellido,R(2010). *Tutorial SPSS 15*. Universidad de Valencia .

- [15] Simchi-Levi(2007). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. McGraw-Hill 3era ed.
- [16] Roundy, R. (1985) . *98 % Effective Integer Rate Lot-Sizing for One-Warehouse Multi-Retailer Systems* Management Science. p. 1416-1430.
- [17] Silver E.A.(2002). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. McGraw-Hill 3era ed .