



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Ingeniería en Logística y Transporte

**“Diseño de una política de inventario para una institución
pública que almacena combustibles y lubricantes”**

Informe del proyecto de la materia integradora

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniería en Logística y Transporte

Presentado por:

Diego Romero Murillo

Pedro Castro Piloza

Guayaquil-Ecuador

2016

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradezco a Dios por haberme permitido cumplir un objetivo más en mi vida y porque siempre ha derramado sus bendiciones sobre mí, a mis padres Luis y Carmen, a los cuales estoy muy agradecido por el apoyo incondicional que supieron brindarme en todo momento, por sus enseñanzas y sabios consejos que me han dado siempre y también a mi hermano Luis que ha estado ahí presente para darme la mano en todo momento. A los profesores de esta noble institución que siempre me enseñaron a esforzarme y dar lo mejor de mí en cada acción realizada tanto dentro y fuera del salón de clases.

Por último, agradezco a la institución pública que nos abrió las puertas para poder desarrollar este proyecto.

Diego Andrés Romero Murillo

A Dios, por darme la sabiduría y la fe para lograr concluir mis estudios, a mis padres, hermanos que estuvieron brindándome apoyo y aliento, en especial a mi esposa y mi hijo Pedro Josué que cada día me han demostrado su amor paciencia y cariño, a mis compañeros y a mis profesores por los conocimientos brindados. Muchas gracias.

Pedro Manuel Castro Piloza

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, a mis padres Luis Romero y Carmen Murillo, a mi hermano Luis Romero Murillo y a mi enamorada Valeria Villao por ser una motivación en mi vida para superarme y dar lo mejor de mi día a día.

Diego Andrés Romero Murillo

A Dios

A mis padres

A mis hermanos

A mi esposa e hijo

Pedro Manuel Castro Piloza

RESUMEN

En este proyecto se trata sobre uno de los problemas con el que las empresas a diario tienen que lidiar, como son los niveles de inventario.

En la institución con la que se ha trabajado para realizar este proyecto no existe ningún diseño de política de inventario, por lo que es una buena oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

Como sabemos, los inventarios tienen algunos costos que para este caso ha tocado estimarlos ya que se ha empezado desde cero y tampoco existen registros de esos datos en la organización.

También en base a un análisis de datos se logró conocer cuál es el índice de rotación de cada producto y dejarlos clasificados como tipo A, B o C.

Ya que se usó un modelo de inventario (Q,R), también se pudo determinar el punto de reorden, el stock de seguridad y la cantidad a pedir de todos y cada uno de los lubricantes y combustibles que almacena la organización en la actualidad.

Por último, viene la parte más importante como son los costos, donde se hace una comparación de los mismos de la situación actual versus la propuesta para cada producto.

ÍNDICE GENERAL

GLOSARIO DE TÉRMINOS	1
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Problemática Actual	5
1.3 Justificación del Problema	6
1.4 Hipótesis del trabajo	6
1.5 Objetivos del Proyecto	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Revisión de Literatura	8
2.2 Marco Conceptual	10
2.3 Concepto de Inventario	11
2.4 Objetivos de los inventarios	11
2.5 Control de Inventario e Importancia	11
2.6 Tipos de Inventarios	12
2.6.1 Materia prima	12
2.6.2 Productos no terminados	12
2.6.3 Producto terminado	13
2.7 Políticas de Inventario	13
2.7.1 La naturaleza de los artículos a ser almacenados	13
2.7.2 Capacidad de almacenamiento	13
2.7.3 Costo de mantener el inventario	13
2.7.4 Falta de demanda	13
2.7.5 Perdida por accidentes y robos	14
2.8 Sistema de Inventario ABC	14
2.8.1 Productos tipo A	16
2.8.2 Productos tipo B	16
2.8.3 Producto tipo C	16
2.9 Políticas de Revisión de Inventario	16
2.9.1 Revisión periódica	17
2.9.2 Revisión continúa	17
2.10 Características de la Demanda	18

2.10.1 Demanda continua.....	18
2.10.2 Demanda determinística.....	18
2.10.3 Demanda probabilística.....	19
2.10.4 Demanda dependiente e Independiente.....	20
2.11 Tiempo de Aprovisionamiento.....	20
2.12 Costos de Colocar un Pedido.....	20
2.12.1 Costos de compra.....	21
2.12.2 Costos de rotura de stock.....	21
2.13 Prueba de Hipótesis.....	21
2.14 Hipótesis y Niveles de Significancia.....	21
2.15 Hipótesis Nula y Alterna.....	22
2.15.1 Hipótesis Nula (H0).....	22
2.15.2 Hipótesis Alterna.....	22
2.16 Error tipo 1 y tipo 2.....	22
2.16.1 Error Tipo 1.....	23
2.16.2 Error Tipo 2.....	23
2.17 Nivel de Significancia.....	23
2.17.1 Región crítica o de rechazo.....	23
2.18 Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	24
CAPÍTULO 3	
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	25
3.1 Diagrama de Flujo.....	26
3.2 Organigrama Estructural de la Empresa.....	27
3.2.1 Director.....	27
3.2.2 Departamento de previsión y control del abastecimiento.....	28
3.2.3 Departamento de catalogación.....	28
3.2.4 Departamento de adquisiciones locales.....	28
3.2.5 Departamentos de importaciones.....	28
3.2.6 Centro de Abastecimientos.....	29
3.3 Flujo de la cadena de suministro.....	29
3.4 Componentes del flujo de la cadena de suministros.....	30
3.4.1 Abastecimiento.....	30
3.4.2 Almacenamiento.....	31
3.5 Cronograma de Actividades.....	32
CAPÍTULO 4	
ANÁLISIS DE DATOS.....	37
4.1 Análisis ABC para combustibles.....	37

4.2 Prueba de bondad de ajuste para combustibles.....	39
4.3 Análisis ABC para lubricantes.....	40
4.4 Prueba de bondad de ajuste para lubricantes.....	42
4.5 Modelo de revisión continua (Q,R).....	43
4.5.1 Supuestos del modelo	43
CAPÍTULO 5	
PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN	44
5.1 Política de inventario (Q,R)	44
5.2 Cálculo de costos.....	45
5.3 Fórmulas del modelo (Q,R)	46
5.4 Simulación.....	47
5.5 Razones para usar simulación matemática	47
5.6 Propósitos de usar la simulación matemática	48
CAPÍTULO 6	
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	49
6.1 Presentación de resultados de lubricantes.....	50
6.1.1 Lubricantes de categoría A.....	50
6.1.2 Lubricantes de categoría B.....	51
6.1.3 Lubricantes de categoría C	53
6.2 Presentación de resultados para combustibles	54
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES.....	57
ANEXOS.....	58
Anexo 1	58
Resultados de la simulación de datos.	58
Anexo 2.....	61
Bibliografía	63

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Análisis ABC: Es un método de clasificación para los productos, de acuerdo al nivel de rotación que tienen los mismos. La clasificación puede ser A, si tiene alta rotación; B los que tienen rotación media; y, C los que tienen baja rotación.

D

Diagrama de Pareto: Es una gráfica para organizar datos de forma descendente. En nuestro case se usará para categorizar los productos como A, B o C.

E

EOQ: Es un modelo de inventario, conocido así por acrónimo en inglés, Economic Order Quantity,

cuyo objetivo principal es el de minimizar los costos de inventarios y existen algunas variantes del modelo original.

ERP:

Es un software que permite a una organización administrar todos los procesos operativos de la misma, integrando varias funciones de gestión en un único sistema.

J

JELS:

Es un modelo de inventario usado especialmente como herramienta de planeación, donde las compañías establecen acuerdos de larga duración con sus respectivos clientes y proveedores. Su acrónimo en inglés significa “Joint Economic Lot Size”.

K

Kolmogorov-Smirnov: Es una prueba que se aplica a los datos para contrastar la hipótesis de normalidad de la población

L

Lead Time:

Conocido también en español como punto de reorden, y no es más que el tiempo que transcurre desde que se coloca una orden al proveedor hasta que la misma llega a las bodegas de la empresa.

R

Rotura de Stock:

Cuando las existencias de algún producto llegan a cero y en caso de existir algún pedido por parte de algún cliente, no se podrá cumplir con la misma.

S

Stock:

Cantidad total de productos que se tiene en inventario para cubrir la demanda.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La institución en estudio, tuvo sus inicios hace aproximadamente 40 años, donde diez años más tarde pasa a ser un organismo de apoyo como producto de la visión y necesidad que tuvo la superioridad de constituir un organismo cuya función básica sea la de planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades técnicas y administrativas del servicio de abastecimientos para satisfacer los requerimientos institucionales.

En primera instancia sus instalaciones quedaban en el centro de la ciudad, y en el año 1981, pasó a estar localizada al sur de la ciudad en donde siguió cumpliendo las mismas funciones, pero se vio en la necesidad de mejorar sus instalaciones en el sentido de espacio, debido a que las bodegas para almacenamiento de repuestos y materiales que ahí dentro se encontraban eran muy pequeñas.

Mediante Acuerdo Ministerial en el año de 1973, tomó aún una mayor importancia y pasó a ser un ente Técnico-Administrativo a nivel nacional, y es un órgano, responsable de la ejecución de administrar las fases de obtención y distribución del ciclo logístico, ejecutando en forma eficiente las funciones de desarrollo de abastecimiento, para equipar, sostener y permitir

la operación de las actividades a su cargo, teniendo como lema “Apoyo eficientemente a la institución”.

1.2 Problemática Actual

Se procedió a visitar la institución que nos va a colaborar con el desarrollo de nuestro proyecto de graduación y se hizo un recorrido por las instalaciones. Cuentan con más de una bodega para el almacenamiento de los diversos tipos de combustibles y lubricantes con los que cuentan hoy en día.

Una cosa que realmente llama la atención es que en su inventario contaban con una cantidad bastante grande, y los administradores indicaron que la mayoría de esos productos fueron comprados sin ningún estudio hecho previamente.

Motivo por el cual los directivos de la institución desean iniciar una depuración de las bodegas donde dicho inventario se encuentra y cabe mencionar que está valorado en un alto valor monetario.



1.3 Justificación del Problema

En la actualidad sabemos que, sin importar el tipo de empresa, tener los conocimientos sobre cómo manejar el inventario de una manera efectiva será siempre fundamental para sus intereses.

Es por esto que nosotros hemos decidido aplicar las técnicas aprendidas en las diferentes clases para poder manejar este tipo de problemas. Aplicando una política de inventario acorde a la realidad actual de la institución con la que vamos a trabajar.

Debemos indicar que el impacto del desarrollo de nuestro proyecto, no solo generará beneficios a la organización, sino que también nos ayudará a poner en práctica nuestros conocimientos y nos quedará como satisfacción que nuestro trabajo será implementado en la misma.

1.4 Hipótesis del trabajo

- Se va a comprobar que los datos siguen una distribución normal.

1.5 Objetivos del Proyecto

A continuación, se presentan el objetivo general y los objetivos específicos que se van a obtener en el presente trabajo.

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar una política de inventario para reducir los costos de almacenamiento y controlar la cantidad adecuada de productos almacenados.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Mediante el Diagrama de Pareto, procederemos a clasificar los productos de acuerdo a su índice de rotación.
- Establecer el modelo de inventario que mejore la solución de la política actual de la institución.
- Hacer recomendaciones sobre las características técnicas mínimas requeridas de las bodegas para el almacenamiento de este tipo de mercancías.
- Comparar la situación actual y la propuesta.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de Literatura

En el estado del arte nos permite conocer las investigaciones más recientes para presentar temas relacionados a nuestro tema de interés. Los artículos de investigaciones tratan de los diversos sistemas de control de inventarios que se manejan en la actualidad de acuerdo a las necesidades de la organización, mediante modelos de aleatoriedad de la demanda, modelos de política de inventario, modelos integrados a la gestión, clasificaciones ABC, análisis y pronósticos de las demandas futuras.

Se conoce que la gestión de sistema de inventario es una actividad transversal a la cadena de suministro y al mismo tiempo se conoce que es uno de los aspectos logísticos más complejos en cualquier sector de la economía.

- (“LITERATURE REVIEW ON MODELS OF INVENTORY MANAGEMENT UNDER UNCERTAINTY”, año de publicación 2015, Universidad de MYKOLAS ROMERIS de LITHUANIA). (Serhii Ziukov, 2015) A continuación, el artículo establece que el personal administrativo que controla el inventario, debe lograr responder las siguientes preguntas: ¿Qué tan grande debe ser una orden de reabastecimiento de inventario? y ¿Cuándo se debe colocar una orden de reposición de inventario? Hace mención sobre unos

modelos matemáticos en el manejo de los inventarios como: EOQ, el cual tiene como objetivo ayudar a minimizar costos de mantenimientos y pedidos. Otro modelo que menciona es el JELS, el mismo que tiene como objetivo desarrollar una estrategia de inventario entre el comprador y vendedor.

- PDVSA, Inventario y distribución de combustible están en total normalidad Petroleras de Venezuela 2015. En la investigación nos enuncia el modelo del diseño de un sistema de gestión de inventario aplicando un modelo de revisión de acuerdo a las categorías resultantes de combinar el método ABC (principio de Pareto) y el método VEN (vitales, esenciales y no esenciales).

- Control Interno de los Inventarios autor Edgar Tovar Canelo – país Venezuela año 2015

En este presente trabajo se analiza el control interno de inventario que está sujeto a un conjunto de procedimientos de validación automática que se genera por los reportes de los diversos departamentos o centros de acopio. Este logro se puede apreciar desde dos puntos de vistas que son Control Operativo y Control Contable.

El control operativo es aquel que nos aconseja mantener las existencias a un nivel apropiado, tanto en términos cuantitativos como cualitativos, debido a que, si compra sin ningún criterio, nunca se

podrá controlar el nivel de los inventarios. A este control pre-operativo es que se conoce como Control Preventivo. Por otro lado, el control contable se utiliza como herramienta valiosa en el control preventivo. El autor menciona una lista de elementos de un buen control interno sobre los inventarios, unos ejemplos de ellos son:

I. Conteo físico de los inventarios por lo menos una vez al año, no importando cual sistema se utilice.

II. Hacer conteos periódicos o permanentes para verificar las pérdidas de material.

III. Procure que el control de inventarios se realice por medio de sistemas computarizados, especialmente si se mueven una gran variedad de artículos. El sistema debe proveer control permanente de inventarios, de manera de tener actualizadas las existencias, tanto en cantidad como en precios.

2.2 Marco Conceptual

El manejo de inventarios es un tema que hoy en día las empresas han comenzado a darle una importancia bastante grande, ya que antes las compañías tenían en mente que cuanto más producto se tenga en stock, era lo mejor que se podía hacer y la demanda iba a ser cubierta en su totalidad, que por una parte no es un concepto equivocado, pero tal vez no se daban cuenta en los grandes costos que se incurría al tenerlos almacenados en las bodegas. A más del costo de almacenamiento, hay otros como por ejemplo el de manipular las mercancías cuando está en los almacenes, el de tener

personal trabajado ahí adentro o el que se paga por servicios básicos de las bodegas, que vendría a ser un costo variable.

Cuando las organizaciones vieron una oportunidad de mejora en dicha área, empezaron a capacitar al personal para que el manejo del inventario se lo haga con un recurso humano altamente especializado y la visión que tenían anteriormente de una bodega o almacén cambió por completo, a tal punto que hoy en día vemos que existen bodegas altamente tecnificadas, donde la presencia de las personas es sólo para controlar que las máquinas estén haciendo bien su trabajo o solucionar algún otro problema menor.

2.3 Concepto de Inventario

Dentro de las muchas definiciones que existen, podemos resumir que inventario no es más que una lista ordenada o registro documental de bienes y objetos que pertenecen a una persona o institución. (García)

2.4 Objetivos de los inventarios

Entre los principales objetivos de contar con inventario en las bodegas podemos enunciar que esto va a contribuir a mejorar la rentabilidad de la compañía, evitar ventas perdidas, cubrir la demanda generada por los clientes y establecer un nivel de servicio para los clientes.

2.5 Control de Inventario e Importancia

Llevar un control del inventario tiene por objetivo asegurarse que efectivamente se tenga en los almacenes lo que se refleja en la lista donde se los tiene documentados. Y la importancia de tener un control sobre los mismos radica en que las operaciones de la empresa dependen mucho del inventario que se tenga en bodega, ya que si hay faltantes se dejan de

despachar pedidos a los clientes y así se va perdiendo oportunidades de negocios. (García)

Por el contrario, al tener muchos productos almacenados se incurren en los siguientes problemas:

- Se incrementan los costos de almacenamiento.
- Los productos almacenados representan dinero que la empresa no puede usar hasta que dichas mercancías sean vendidas.
- Si las mercancías son productos perecibles, pueden llegar a dañarse y eso a su vez es pérdida económica para la empresa.

2.6 Tipos de Inventarios

En una bodega se puede tener almacenado una gran variedad de productos que pueden ser perecibles o no perecibles, los cuales no necesariamente van a tener la misma forma de manipulación o almacenamiento. Se puede clasificar a los inventarios de la siguiente manera: materia prima, productos que aún deben pasar por un proceso de fabricación y productos terminados.

- **2.6.1 Materia prima:** Dentro de esta clasificación encontramos a materiales que son necesarios para la fabricación de otros productos como, por ejemplo: madera para la elaboración de muebles, cacao para fabricar chocolate etc...
- **2.6.2 Productos no terminados:** Son elementos que aún deben pasar por procesos de producción o manufactura para ser un producto terminado.

- **2.6.3 Producto terminado:** Son bienes que ya pasaron por todo el proceso de producción y están listo para ser distribuidos al cliente final.

2.7 Políticas de Inventario

Debemos tener bien claro que una de las razones por la cual es beneficioso implementar una política de inventario, es para minimizar los costos en los que se incurre al manipularlos y almacenarlos en las bodegas de la empresa. Al mismo tiempo con esto se quiere determinar el nivel mínimo de stock con el que debe contar la empresa para satisfacer la demanda de sus diferentes clientes.

Hay una serie de consideraciones que debemos tomar en cuenta para que la implementación de una política de inventario sea satisfactoria y son:

- **2.7.1 La naturaleza de los artículos a ser almacenados:**
Debemos analizar si son productos preceaderos o no preceaderos.
- **2.7.2 Capacidad de almacenamiento:** Aquí hay que verificar cuál es la capacidad con la que se cuenta en las bodegas para almacenar los pedidos que se hagan a los proveedores.
- **2.7.3 Costo de mantener el inventario:** Al momento de analizar el costo de inventario, debemos ver todos los factores que intervienen para que dicho costo se eleve.
- **2.7.4 Falta de demanda:** Debe hacerse un análisis de cómo se va a comportar la demanda en los siguientes días, meses o años para así evitar quedarse con productos que con el pasar de los días su

demanda baje considerablemente, porque eso implicará que la empresa perderá dinero al no vender estos bienes.

- **2.7.5 Perdida por accidentes y robos:** Son problemas que actualmente se pueden evitar. Para esto debemos capacitar al personal para que sepa cómo debe comportarse en una bodega y así evitar que se lesionen, que las bodegas cumplan con los requerimientos técnicos de seguridad para proteger la mercancía en caso de incendios, robos, desastres naturales o algún otro imprevisto.

Una política de inventario tiene como objetivo cuatro cosas fundamentalmente, y son:

- Planificar el nivel óptimo de la inversión en inventarios.
- A través del control, mantener de manera razonable estos niveles óptimos.
- Maximizar el rendimiento sobre la inversión.
- Satisfacer las necesidades de los clientes.

2.8 Sistema de Inventario ABC

Este sistema de clasificación de inventario tiene sus orígenes muy ligados a los inicios del siglo diecinueve.

En dicho período, el renombrado economista italiano Wilfrido Pareto argumentó que en una gran mayoría las situaciones o eventos están dominadas por un número relativamente pequeño de elementos fundamentales de estas situaciones o eventos.

Pareto presentó sus primeros estudios sobre las distribuciones de tierras en su país natal, sobre las cuales descubrió que en su mayoría eran poseídas por un pequeño sector socioeconómico alto de la población.

Una forma muy útil para diseñar un sistema de control de inventario se conoce con el nombre de “Análisis de Pareto”, otro nombre que se le da es el de “Análisis de Materiales ABC”, porque analiza productos del inventario clasificándolos en tres grupos denominados A, B, C. El objetivo de la clasificación es indicar a qué productos se debe prestar más atención para la realización de inventario físico y garantizar sus existencias.

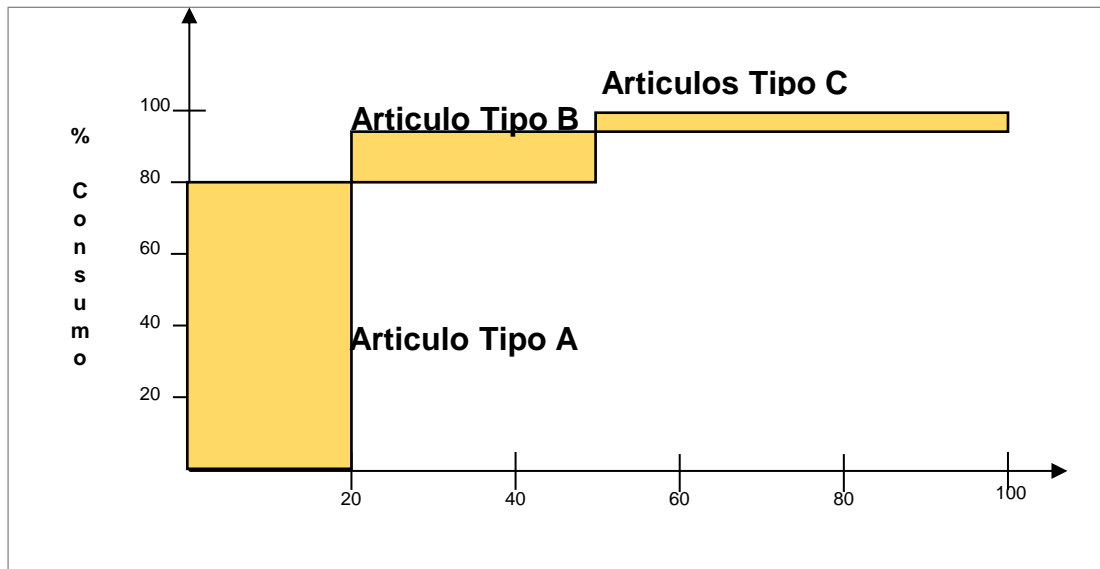


Figura 2.1 Diagrama de Pareto para la clasificación de inventario ABC
Fuente: Creado por los autores

- ✓ Aproximadamente el 70% del costo de materiales es atribuible al 10% de los artículos almacenados, a estos materiales se los denominan tipo A
- ✓ Los artículos tipo B se los considera intermedios, ya que estos representan el 20 % del consumo y constituyen el 20% de los artículos almacenados

- ✓ Los artículos tipo C se los consideran de lenta y baja rotación esto representan el 10% del consumo y constituyen en algunos casos el 70% de artículos almacenados

2.8.1 Productos tipo A

- Representan un porcentaje pequeño en términos de referencias físicas respecto al inventario global.
- Representan la mayor parte del valor monetario del inventario.
- Su nivel de inventario suele ser bajo, pero justificable.
- Son productos de mediana y alta rotación. (García)

2.8.2 Productos tipo B

- Tienen una representación mediana en términos de las referencias con relación al inventario global.
- Poseen el segundo valor monetario.
- Su nivel de inventario suele ser medio.
- Son productos con una alta rotación. (García)

2.8.3 Producto tipo C

- Representa un alto porcentaje en cuanto a referencias físicas con relación al inventario global.
- Poseen el tercer valor en cuanto a capital movilizado.
- Su nivel de inventario es normal.
- Son productos con más baja rotación. (García)

2.9 Políticas de Revisión de Inventario

Se dividen en dos grupos:

- Revisión Periódica.
- Revisión Continua.

2.9.1 Revisión periódica

Esta política de reordenamiento nos quiere decir que debe existir una revisión cada cierto período fijo de tiempo, para lograr determinar cuánto ordenar sobre la existencia que se tenga en ese momento en stock.

Tiene ciertas características que enunciaremos a continuación:

- El intervalo de tiempo para ordenar es fijo.
- La cantidad a ordenar es variable en la mayoría de las ocasiones.
- No es efectivo para determinar si existen faltantes o no.
- Me asegura una cobertura de la demanda inclusive durante el “lead time” o tiempo de reaprovisionamiento.
- Posee un nivel de inventario.
- El nivel de inventario de seguridad es mayor.
- Los costos de monitoreo y documentación son bajos con respecto al de revisión continua.

2.9.2 Revisión continúa

Esta política de reordenamiento nos quiere decir que debe existir una revisión continua, es decir día a día ver cómo van variando las existencias que se tienen en stock y una vez que lleguen al punto de reorden, generar automáticamente el pedido al proveedor para volver a abastecer las bodegas de los diferentes productos.

Al igual que el modelo anterior, este tiene características que enunciaremos a continuación:

- Los intervalos de tiempo para colocar una orden al proveedor son variables.
- Es efectivo al momento de detectar faltantes en el inventario.
- El tamaño del lote ordenado no cambia.
- Debe proporcionar cobertura de la demanda sólo durante el tiempo estimado del “lead time”.
- Usualmente se necesita tener un menor inventario de seguridad.
- En comparación al de revisión periódica, el costo de monitoreo y documentación suele ser alto.

2.10 Características de la Demanda

La demanda representa las necesidades o requerimientos que tienen los clientes para adquirir un servicio o un producto en un tiempo requerido. Debido a estos requerimientos, las empresas deben de estar atentas para poder cumplir con estas necesidades.

2.10.1 Demanda continua

La unidad de medida de la demanda puede variar según su entorno y de la presentación del artículo. Un ejemplo de demanda discreta podría ser que existen un número de clientes que demanda 30 unidades de cajas de zapatos por día, mientras que un ejemplo de demanda continua podría ser enviar 6.30 toneladas de arroz por día.

2.10.2 Demanda determinística

La demanda determinística se refiere al caso en que se conoce de antemano la cantidad a pedir o producir.

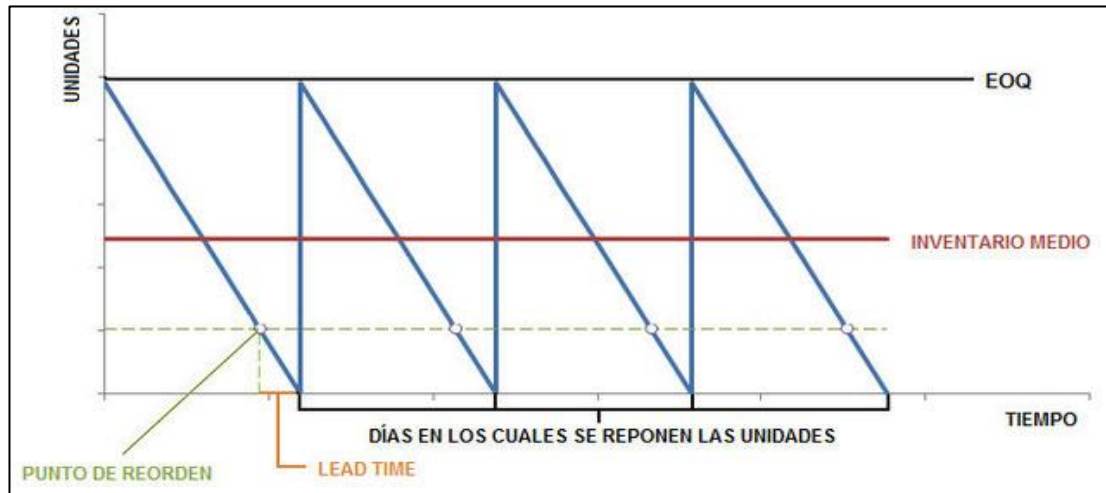


Figura 2. 2 Demanda determinística
Fuente: (López, s.f.)

2.10.3 Demanda probabilística

La demanda probabilística se refiere al caso en el que los valores de la demanda son aleatorios, es decir existe cierto grado de incertidumbre de las cantidades de productos que se demandan en ciertos periodos de tiempo. Se busca en lo posible determinar si estos eventos siguen un patrón de comportamiento estadístico preestablecido, y si se asemejan a los tipos de distribución estadística conocidas, tales como la Uniforme, Normal, Exponencial, Chi-Cuadrada, Beta o Gamma.

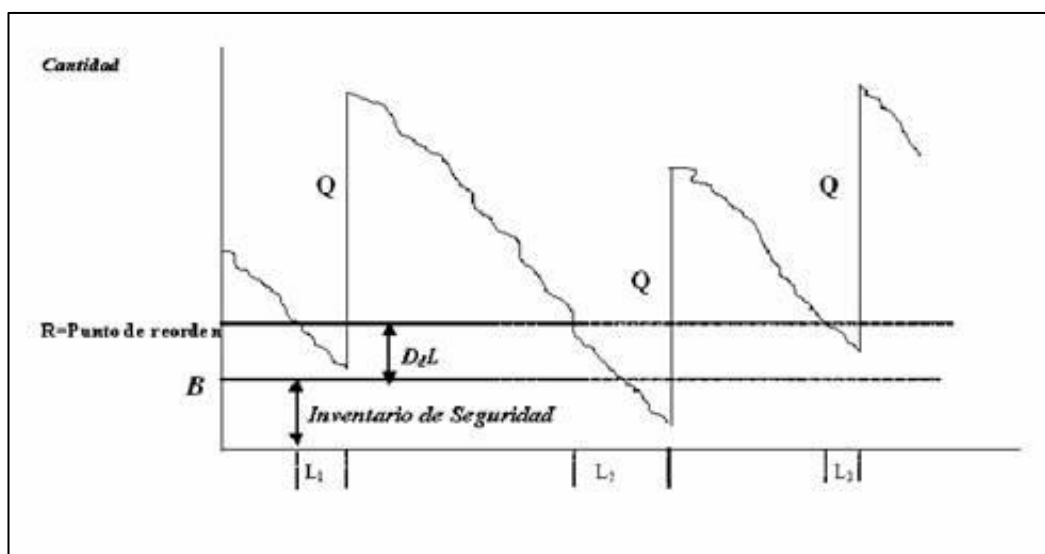


Figura 2. 3 Demanda probabilística
Fuente: (Ingeniería en los procesos, s.f.)

2.10.4 Demanda dependiente e Independiente

La demanda de los productos será dependiente si la producción de estos depende de otros productos finales, por ejemplo, en el caso de las etiquetas de botellas, el número de ellas depende del número de botellas que se produzcan mientras que en el caso de demanda independiente la producción de los productos no depende de otro.

2.11 Tiempo de Aprovisionamiento

Este tiempo es el que transcurre desde que se coloca un pedido al proveedor para el aprovisionamiento del inventario, hasta que éste es atendido por el mismo, se lo conoce también como tiempo de entrega o lead time, usualmente este tiempo es medido en días.

Debemos recalcar que el tiempo de entrega es una variable muy importante a considerar para determinar cuándo ordenar y cuánto de inventario se debe mantener para satisfacer la demanda de los clientes.

2.12 Costos de Colocar un Pedido

Los costos de colocar un pedido son todos los costos que se incurren cuando se manda una orden de compra. Los costos que señalan más abajo, deben ser independientes de la cantidad que se compra y exclusivamente relacionados con el hecho de lanzar la orden. Sus componentes son los siguientes:

- Costos implícitos del pedido
- Costos administrativos vinculados al circuito del pedido
- Costos de recepción e inspección

2.12.1 Costos de compra

Es la cantidad total invertida en la compra de la mercancía. Incluye el precio de un artículo más los impuestos, los gastos de compra y los costos del transporte.

2.12.2 Costos de rotura de stock

Los costos de ruptura o de rotura de stocks incluyen el conjunto de costos por la falta de existencias, estos costos irán a parar directamente al estado de resultados. Generalmente comprenden costos debido a pérdida de clientes, prestigio y pérdida potencial de utilidad debido a pérdidas en ventas en el mercado.

2.13 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. 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. (Zurita, Probabilidad y Estadística)

2.14 Hipótesis y Niveles de Significancia

En la prueba de hipótesis 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. (Zurita, Probabilidad y Estadística)

2.15 Hipótesis Nula y Alternativa

Se pueden definir dos tipos de hipótesis:

2.15.1 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 alternativa y se representa por H_1 . (Zurita, Probabilidad y Estadística)

2.15.2 Hipótesis Alternativa

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. (Zurita, Probabilidad y Estadística)

2.16 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 (Zurita, Probabilidad y Estadística)

2.16.1 Error Tipo 1

Cuando rechazamos una Hipótesis Nula que es cierta cometemos error tipo 1.

El segundo error se llama error Tipo 2. (Zurita, Probabilidad y Estadística)

2.16.2 Error Tipo 2

Cuando aceptamos una Hipótesis Nula que es falsa cometemos error tipo 2. (Zurita, Probabilidad y Estadística)

2.17 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 .

2.17.1 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

2.18 Prueba de Kolmogorov-Smirnov

La prueba de Kolmogorov-Smirnov 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 podrán razonablemente proceder de la distribución especificada.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Primero se tiene que identificar la institución con la que se desea trabajar, después se procede a enviar una carta para formalizar el tema del proyecto y en el cual se describe los motivos del proyecto y los beneficios en conjunto que se obtendrá del mismo. En este caso el problema que se desea resolver es acerca del manejo del inventario con el que cuentan en las bodegas, en este caso se trata de productos considerados como mercancías peligrosas que son: combustibles, lubricantes y otros productos químicos como pinturas y refrigerantes.

Lo que se desea hacer es diseñar una política de inventario que sea óptima para que el proceso de compras de la institución sea eficiente.

Aprobado el tema del proyecto por la dirección, se procede a realizar una entrevista con la persona encargada del área del desarrollo del proyecto para recolectar datos del proceso al que deseamos mejorar o para identificar posibles problemas que servirían como base clave para el desarrollo del proyecto.

Luego se realiza un análisis de la situación actual de la empresa. Seguido de esto se procede a tomar alternativas de solución y buscar un modelo de inventario adecuado que se ajuste a la problemática actual.

Una vez desarrollado el modelo de inventario se procede a comparar la situación actual de la empresa con la propuesta con el fin de identificar las mejoras del proceso

Finalmente se desarrollan las conclusiones y recomendaciones adecuadas que ejemplifiquen el desarrollo del proyecto y sus mejoras con la situación actual.

3.1 Diagrama de Flujo

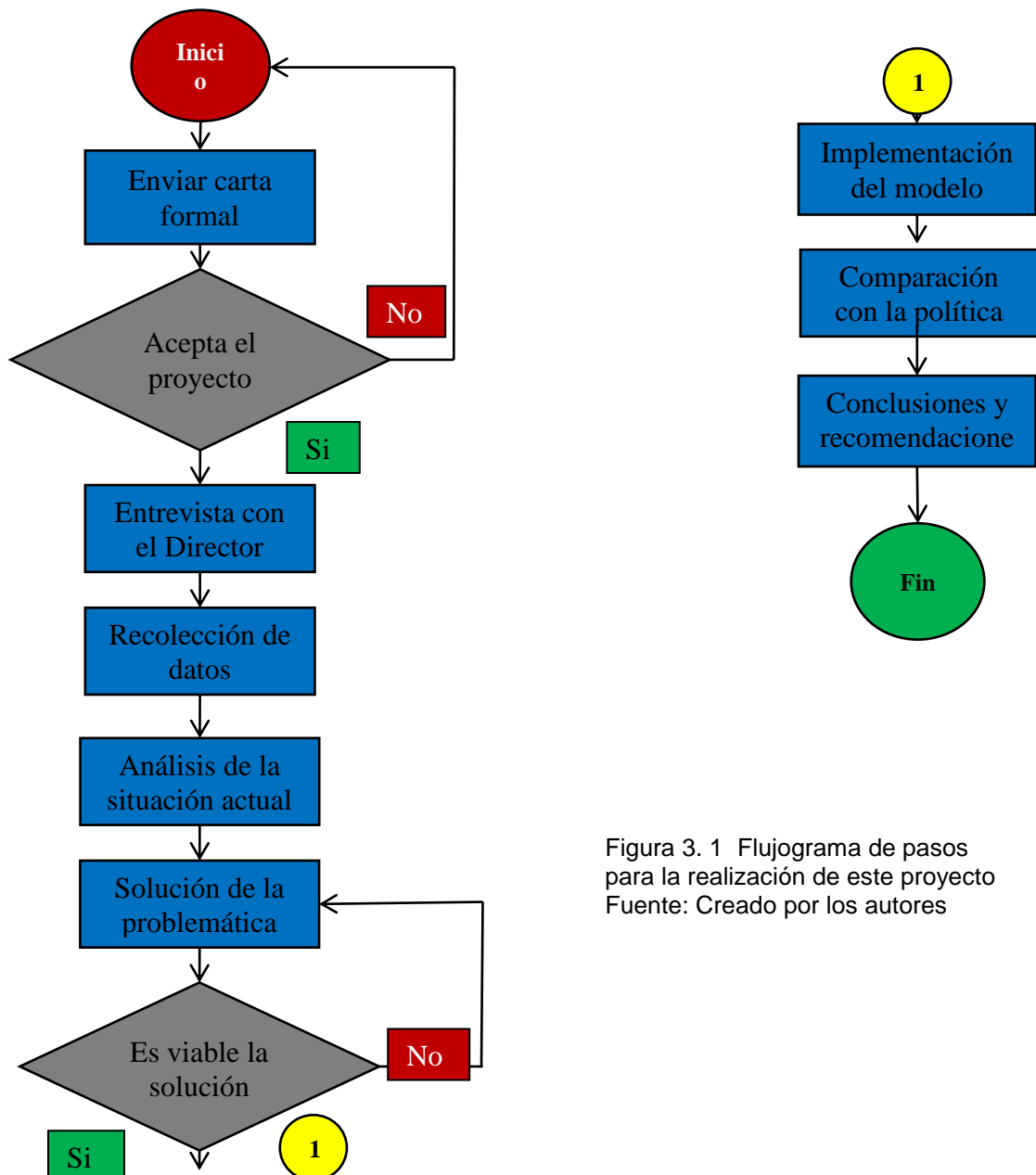


Figura 3. 1 Flujograma de pasos para la realización de este proyecto Fuente: Creado por los autores

3.2 Organigrama Estructural de la Empresa

A continuación, se presentará el orden jerárquico que se sigue en la institución donde se está realizando el mencionado proyecto:

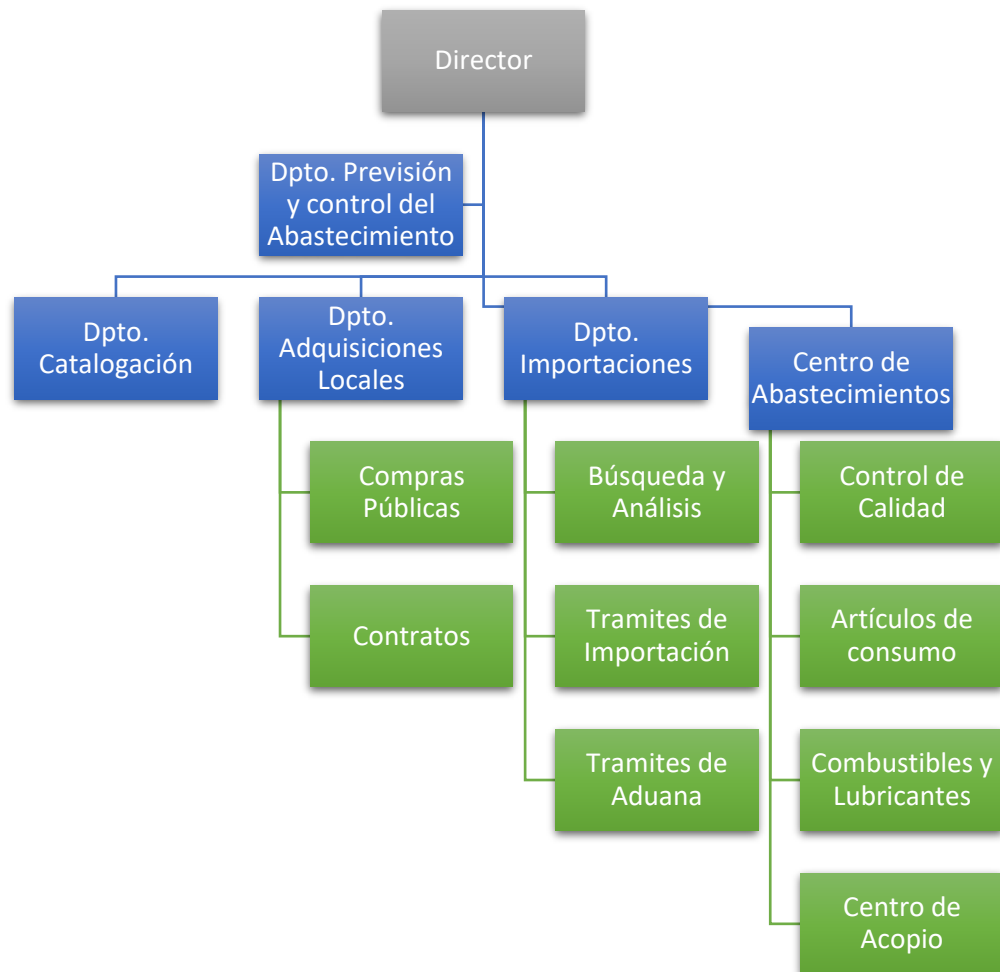


Figura 3.1 Organigrama
Fuente: Creado por los autores

3.2.1 Director

Como su nombre mismo lo indica, es la persona encargada de supervisar que todas las actividades que realizan los empleados en esta área sean efectuadas de la mejor manera posible y a su vez será informado, por los jefes de cada departamento, periódicamente para ver cómo están

marchando los procesos de compra y despacho de los productos para así efectuar correctivos en caso de ser necesario.

3.2.2 Departamento de previsión y control del abastecimiento

Este departamento sirve como un enlace directo entre el director y las demás partes de la organización para presentar los requerimientos, reportes, y además se encarga de planificar el aprovisionamiento de los productos que han sido pedidos por los diferentes usuarios para su posterior despacho.

3.2.3 Departamento de catalogación

Aquí son encargados de ingresar el código y demás características de algún producto nuevo, que haya sido pedido con anticipación por un usuario, al sistema informático de control de inventario para que así en un futuro se vuelva a comprar y el producto ya se encontrará registrado.

3.2.4 Departamento de adquisiciones locales

Esta sección es encargada de comprar todos los productos que se los pueda conseguir en el mercado local y se divide en dos sub-departamentos:

- Compras Publicas
- Contratos

3.2.5 Departamentos de importaciones

El trabajo de este departamento consiste en comprar los productos que no se encuentren en el mercado local y para esto deben contactarse con proveedores que sean de otros países para así poder escoger al mejor y hacer la respectiva compra. Se divide en las siguientes secciones:

- Búsqueda y Análisis

- Trámites de Importación
- Trámites de Aduana

3.2.6 Centro de Abastecimientos

Este departamento es el que se encarga específicamente del almacenamiento de los diferentes productos que se han comprado. Antes de ser almacenados los mismos pasan por una bodega de tránsito, llamada así porque los productos sólo llegan y son inspeccionados para verificar que sean efectivamente lo que se compró y si pasan sin ninguna novedad la inspección, pasarán a ser almacenados en las bodegas para su posterior despacho, caso contrario serán devueltos al proveedor.

Está dividido en:

- Control de Calidad
- Artículos de Consumo
- Combustibles y Lubricantes
- Centro de Acopio

3.3 Flujo de la cadena de suministro

A continuación, se procederá a explicar cuáles son los procesos que existen en la organización, para tener los productos almacenados en las bodegas. En otras palabras, desde que se compran los productos al proveedor hasta que los mismos llegan y pasan a las estanterías para ser distribuidos o despachados más adelante.

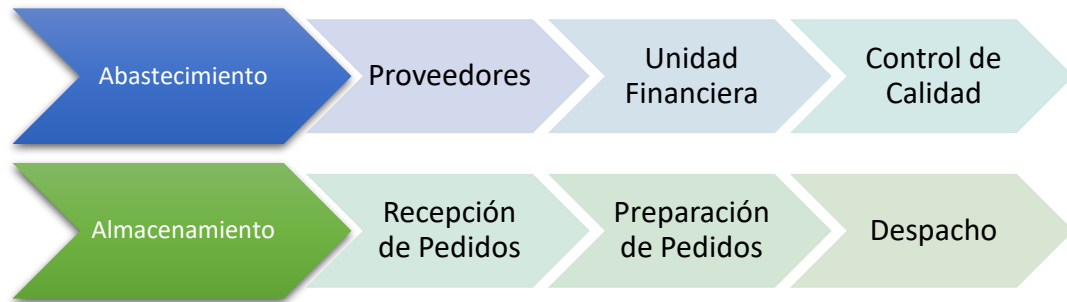


Figura 3.2 Flujo de la cadena de suministros
Fuente: Creado por los autores

3.4 Componentes del flujo de la cadena de suministros

Como se puede observar en la figura 3.2, hay básicamente dos procesos o dos actividades que forman parte de la cadena de suministros y que se realiza en la bodega. Se procederá a detallar a continuación:

3.4.1 Abastecimiento

Esta actividad tiene como objetivo ver cuáles son los niveles de inventario de los productos para determinar si hay o no necesidad de efectuar una compra con la finalidad de reabastecer la bodega. Está dividido en 3 actividades que son:

- Proveedores
- Unidad Financiera
- Control de Calidad

3.4.1.1 Proveedores

Son la primera parte del flujo de abastecimiento ya que es a quien se le compra los artículos que se necesita, por lo tanto, la elección debe ser de manera responsable ya que, si se selecciona un proveedor sin un previo análisis, puede resultar que sea irresponsable y no lleguen a tiempo los pedidos lo cual ocasionará que no sea cubierta la demanda que se pueda generar por dichas mercancías y por lo tanto significa pérdida para la organización. Cabe indicar que en este caso los proveedores se los

selecciona por medio del sistema de compras públicas ya que es una institución gubernamental de la cual estamos hablando.

3.4.1.2 Unidad financiera

Es la encargada de analizar y seleccionar la mejor oferta que se llegue a presentar en el portal del sistema de compras públicas por parte de los proveedores que hayan decidido participar en el proceso de selección.

3.4.1.3 Control de Calidad

Esta unidad tiene la tarea de que una vez que haya hecho la compra, y el pedido llegue a las bodegas de la institución, verificar que las mercancías son las que efectivamente se han pedido. Si pasan la inspección se los lleva a la bodega final o caso contrario se encargan de la devolución de los mismos.

3.4.2 Almacenamiento

Este departamento se encarga de que una vez que las mercancías pasan la prueba del control de calidad y se encuentren ya en percha los bienes, se realizan las siguientes actividades:

- Recepción de pedidos
- Preparación de pedidos
- Despacho

3.4.2.1 Recepción de pedidos

Reciben las respectivas órdenes de pedido por parte de los usuarios. Estos pedidos se los hace de manera formal a través de una solicitud dirigida a la dirección de la institución para que acepte el respectivo pedido.

3.4.2.2 Preparación de pedidos

Una vez aceptada la solicitud enviada a la dirección, se prepara el pedido o los pedidos para efectuar el respectivo despacho.

3.4.2.3 Despacho

Proceden a despachar al usuario final el pedido que haya solicitado, haciendo una verificación final de que sea lo que usuario pidió en su solicitud.

3.5 Cronograma de Actividades

ID	Nombre de la Actividad	Duración	Comienzo	Fin	Actividad predecesora
0	Total, de días requeridos	70 días	16/05/16 8:00	19/08/16 17:00	
1	Fase inicial del proyecto	5 días	16/05/16 8:00	20/05/16 17:00	
2	Selección de la Empresa	1 día	16/05/16 8:00	16/05/16 17:00	
3	Formalizar el proyecto	4 días	17/05/16 8:00	20/05/16 17:00	2
4	Fase I del proyecto	10 días	23/05/16 8:00	03/06/16 17:00	1
5	Recopilación de datos	5 días	23/05/16 8:00	27/05/16 17:00	3
6	Clasificación	5 días	30/05/16	03/06/16	5

	del inventario		8:00	17:00	
7	Fase II del proyecto	20 días	06/06/16 8:00	01/07/16 17:00	4
8	Costo del Inventario	20 días	06/06/16 8:00	01/07/16 17:00	6
9	Fase III del proyecto	15 días	04/07/16 8:00	22/07/16 17:00	7
10	Validación de datos	15 días	04/07/16 8:00	22/07/16 17:00	8
11	Fase IV del proyecto	15 días	25/07/16 8:00	12/08/16 17:00	9
12	Establecer el modelo a usar	15 días	25/07/16 8:00	12/08/16 17:00	10
13	Fase V del proyecto	5 días	15/08/16 8:00	19/08/16 17:00	11
14	Preparación y presentación de resultados	5 días	15/08/16 8:00	19/08/16 17:00	12

Tabla 3.1 Cronograma de actividades
Fuente: Creado por los autores

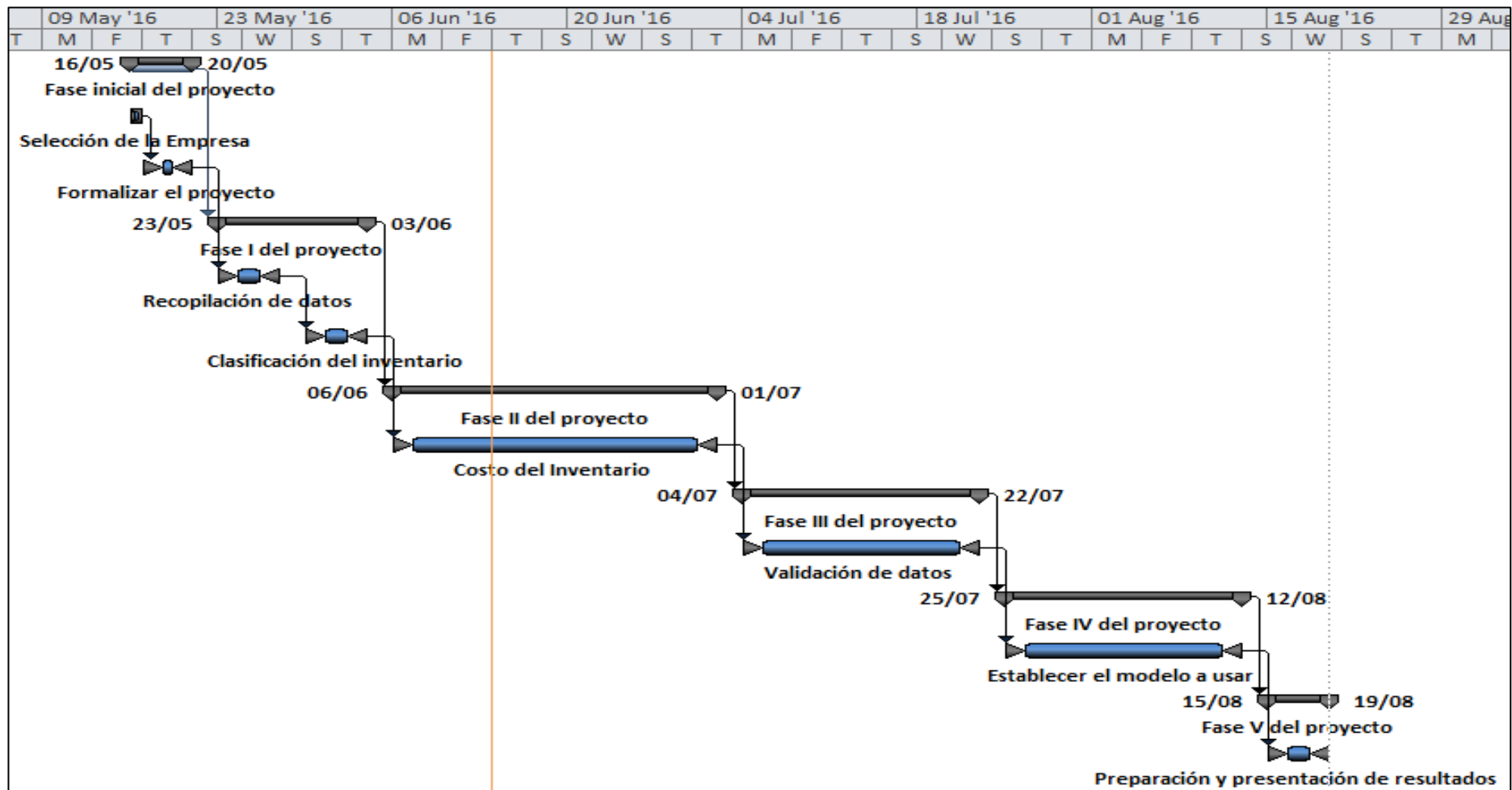


Figura 3.3 Cronograma de Actividades
Fuente: Creado por los autores

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE DATOS

En este capítulo se procederá a hacer el respectivo análisis de los datos recabados acerca de los tipos de combustibles y lubricantes que se tienen o se manipulan en la bodega. Cabe indicar que se llevará a cabo un análisis ABC de los ítems, el cual nos permitirá conocer con más detalles, cuáles son los productos que tienen una mayor o menor rotación.

Además del análisis mencionado, se va a efectuar un pequeño estudio de la demanda para conocer que distribución siguen los mismos por medio de una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

4.1 Análisis ABC para combustibles

El análisis se realizará por medio de una herramienta estadística muy conocida como es el “Diagrama de Pareto”. El mismo que ayudará a identificar cuáles son los productos que se los puede considerar como tipo A, B o C.

A continuación, se presentará un gráfico de los datos de combustibles en galones de los años 2013, 2014 y 2015 que fueron proporcionados por la institución:

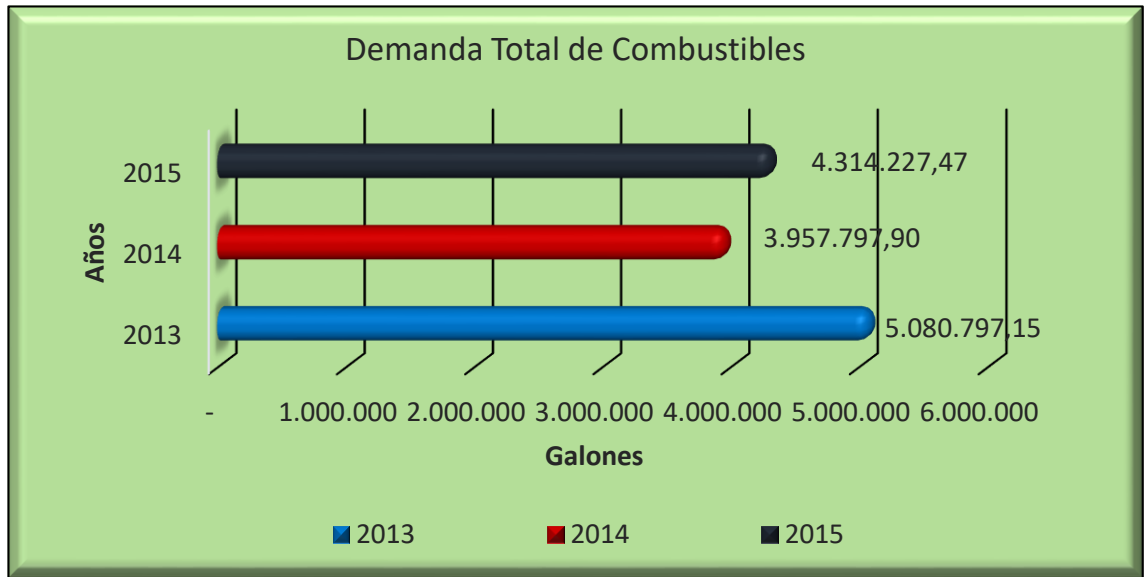


Figura 4.1 Demanda total de combustibles en galones
Fuente: Creado por los autores

Estos datos fueron usados para poder realizar el diagrama de Pareto que está a continuación:

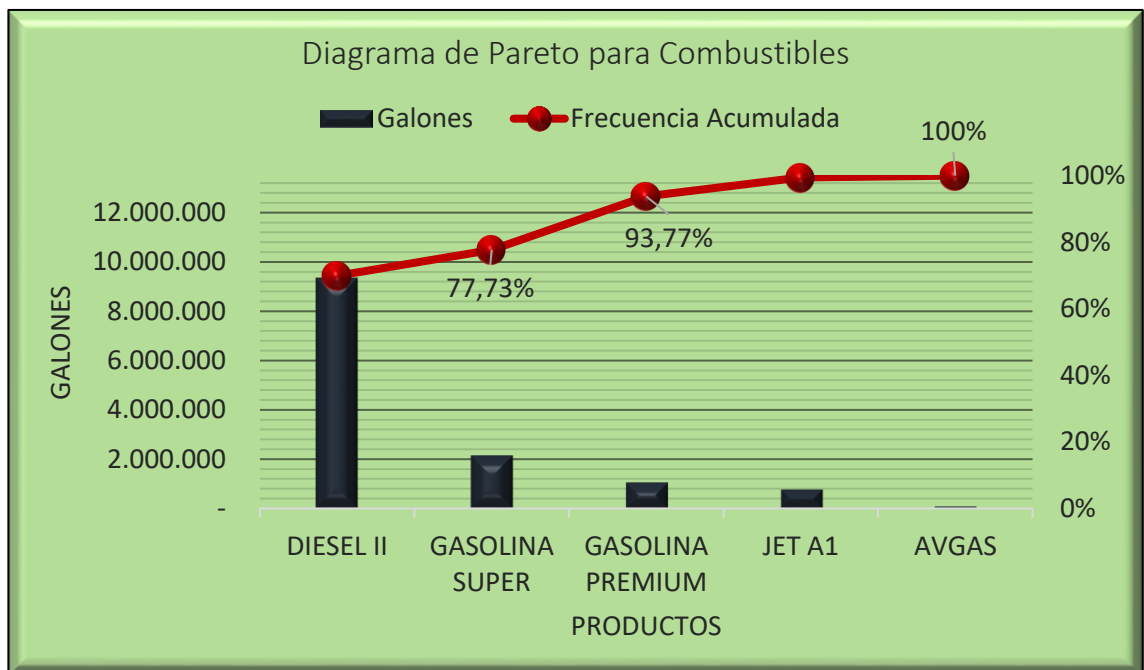


Figura 4.2 Diagrama de Pareto para combustibles
Fuente: Creado por los autores

Como se puede apreciar en la figura 4.2, se tiene que de los 5 los tipos de combustibles, el "DIESEL II" y "GASOLINA SÚPER" llegan al 77,73%, por lo

tanto se los considera como tipo A. “GASOLINA PREMIUM” es el único combustible tipo B y dejando a “JET A1” y “AVGAS” como productos tipo C.

CATEGORÍA	CONTRIBUCIÓN	PARTICIPACIÓN CANTIDAD DE PRODUCTOS	
		CANTIDAD DE PRODUCTOS	PRODUCTOS
A	77,73%	2	40%
B	16,03%	1	20%
C	6,24%	2	40%
TOTAL	100%	5	100%

Tabla 4.1 Categorización de Combustibles
Fuente: Creado por los autores

4.2 Prueba de bondad de ajuste para combustibles

Para esta parte se ha usado la prueba de bondad de ajuste de “Kolmogorov Smirnov”, la cual permitirá establecer si los datos de combustibles siguen una distribución normal o no.

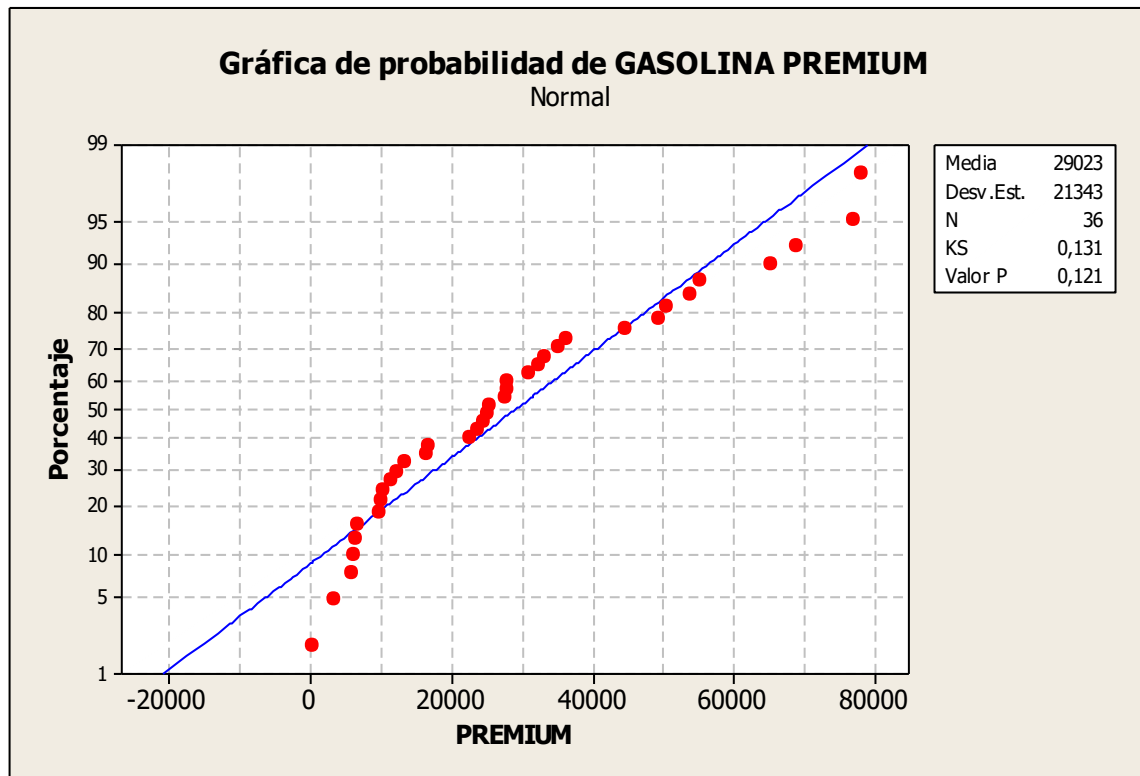


Figura 4.3 Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov
Fuente: Creado por los autores

Como se puede apreciar en la gráfica 4.3, se obtuvo un valor $p > 0.05$ en los datos de GASOLINA PREMIUM, lo cual indica que los datos siguen una distribución normal.

4.3 Análisis ABC para lubricantes

De los productos que se está analizando, estos son los que se tiene una mayor cantidad y por ende son los que se desean tener bien claro cuáles son los que tienen una mayor rotación. Al igual que los combustibles se procederá a hacer el respectivo análisis de los datos con la ayuda de un diagrama de Pareto.

Pero primero, se presentará un gráfico de los datos de lubricantes en galones de los años 2013 y 2014:

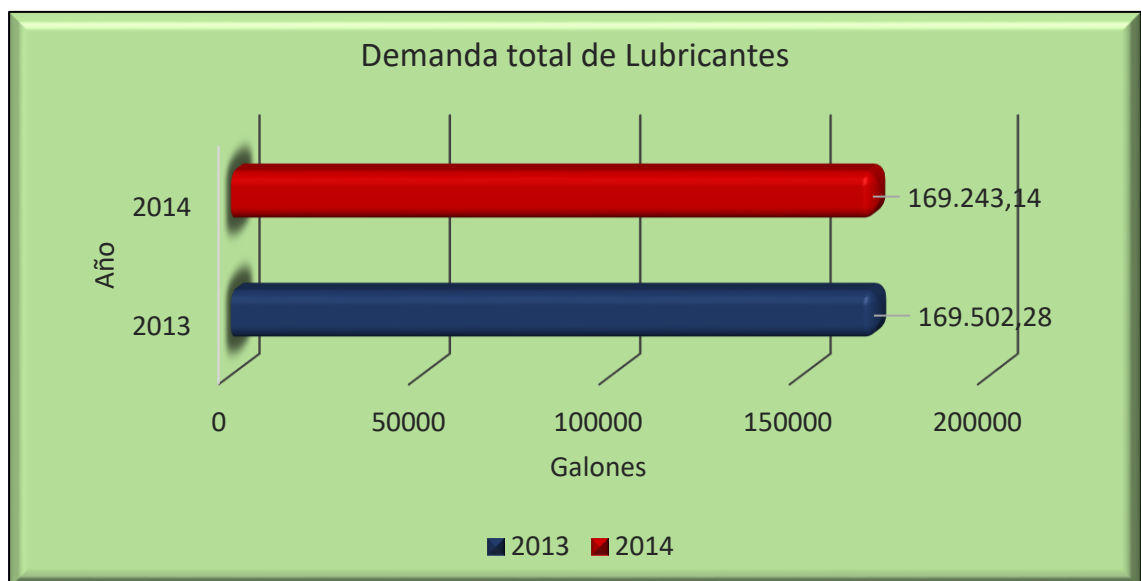


Figura 4.4 Demanda total de combustibles en galones
Fuente: Creado por los autores

En la figura 4.4, se observa la respectiva cantidad total de galones que se despacharon en los años 2013 y 2014. A continuación, con estos datos procedemos a realizar el diagrama de Pareto.

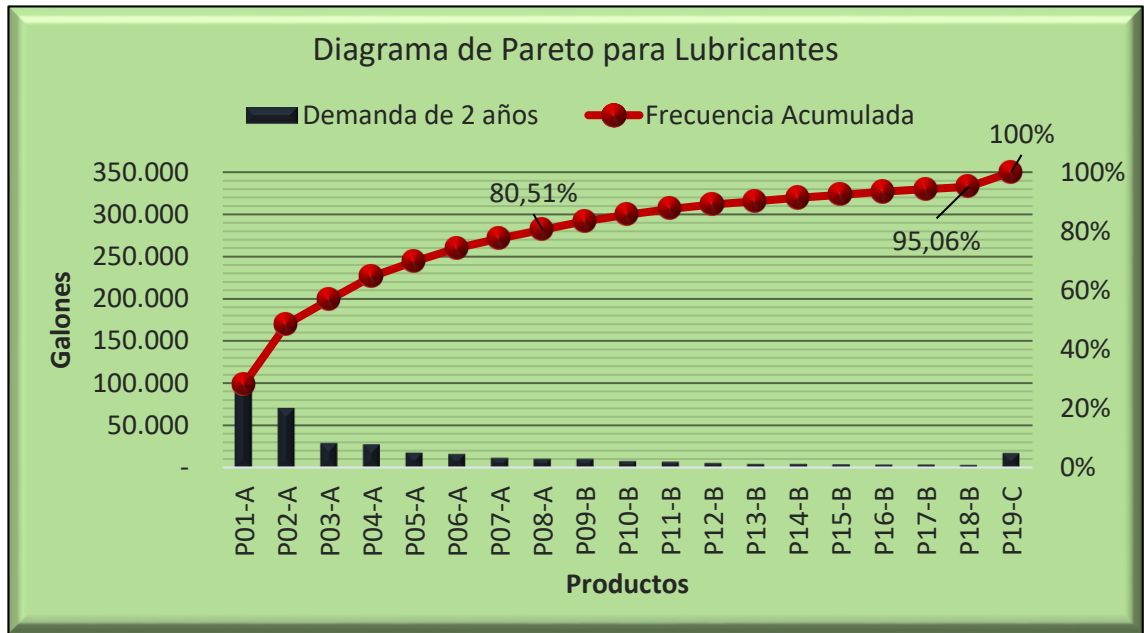


Figura 4.5 Diagrama de Pareto para lubricantes
Fuente: Creado por los autores

Cabe indicar que en la figura 4.5, por efectos ilustrativos, sólo se han mostrado los productos de categoría A que son los 8 primeros y los B que son los 10 siguientes. Los de categoría C están agrupados como producto P19-C. A continuación, se presentará la tabla 4.3 con la respectiva categorización de los lubricantes:

CATEGORÍA	CONTRIBUCIÓN	CANTIDAD DE PRODUCTOS	PARTICIPACIÓN CANTIDAD DE PRODUCTOS
A	80,51%	8	28%
B	14,81%	10	34%
C	4,68%	11	38%
TOTAL	100%	29	100%

Tabla 4.3 Categorización de Lubricantes
Fuente: Creado por los autores

4.4 Prueba de bondad de ajuste para lubricantes

Para la prueba de bondad de ajuste, al igual que se hizo con combustibles, se aplicará la prueba de Kolmogorov Smirnov y los resultados que se obtuvo en cada categoría de los productos de lubricantes, se presentan a continuación:

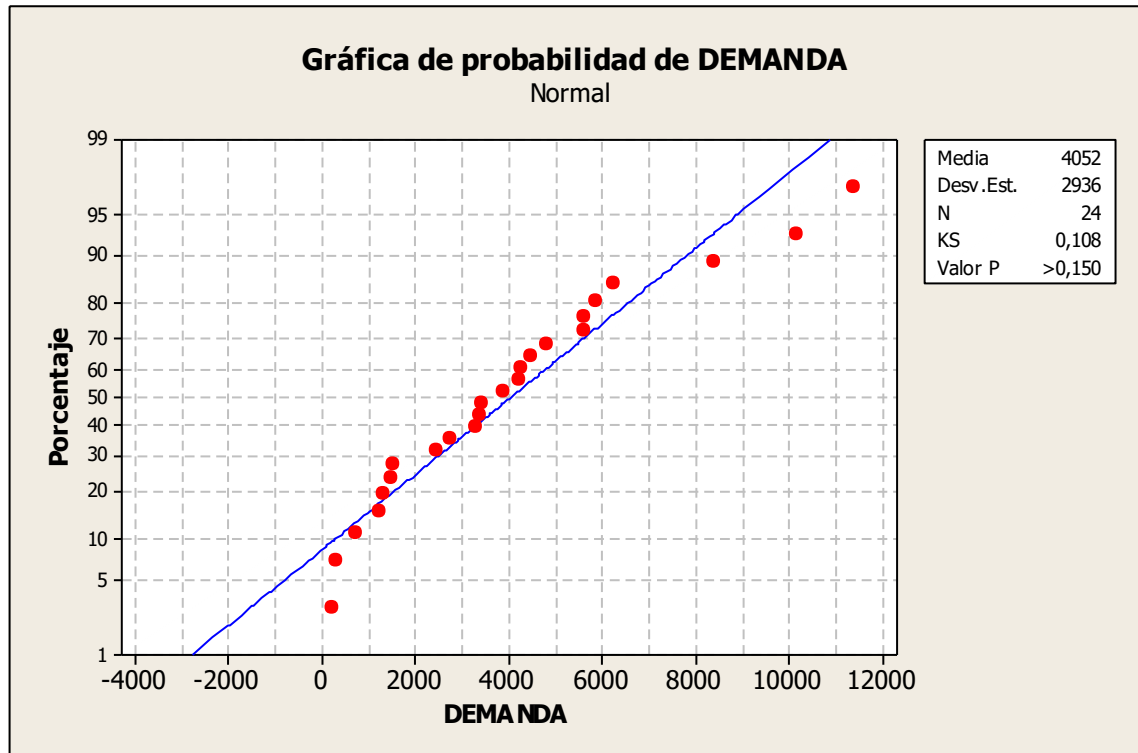


Figura 4.4 Prueba de Kolmogorov Smirnov para el primer producto de la categoría A
Fuente: Creada por los autores

Como se puede apreciar en la figura 4.4, el valor p es mayor a 0.05, lo que quiere decir que los datos siguen una distribución normal. Se debe realizar el mismo procedimiento con los datos de los demás productos y verificar si son o no normales. Dicha información se encontrará adjunta al final como un anexo.

Una vez que se tiene analizada toda la información de los productos se debe proceder con la selección del modelo a usar. Para este caso hemos decidido implementar el “Modelo de Revisión Continua (Q,R)”, porque los supuestos de este modelo se ajusta a la realidad de la institución que está bajo estudio.

4.5 Modelo de revisión continua (Q,R)

Este modelo consiste, como su nombre lo dice, en revisar continuamente el inventario que se tenga almacenado en las bodegas, ya que siempre que el nivel de inventario de un producto baje al punto de reorden, denotado por (R) unidades, se coloca una orden de cantidad (Q) unidades para reabastecer el inventario y así evitar un desabastecimiento que pueda afectar a las operaciones diarias de la organización.

4.5.1 Supuestos del modelo

- El nivel de inventario está bajo revisión continua.
- Existe un tiempo de entrega, denominado “Lead time”, que corre desde la colocación de una orden al proveedor y la recepción de la cantidad ordenada en las bodegas de la empresa.
- La demanda es incierta.
- En el caso de ocurrir faltantes antes de recibir el pedido, demanda queda pendiente.
- Se incurre en un costo de preparación cada vez que se pide una orden.
- Se incurre en un costo unitario por mantener el inventario por unidad de tiempo.

CAPÍTULO 5

PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

Una vez que los datos han sido analizados en el capítulo anterior, y también se ha procedido a seleccionar el modelo de inventario más apropiado para la situación actual de la institución que se encuentra bajo estudio, se enfocará en esta sección en utilizar dicha información analizada para poder hallar una solución al problema del manejo de inventario que actualmente se tiene. También se realizan los cálculos del modelo respectivo para así obtener los resultados y así a su vez poder ayudar a la directiva a tener una perspectiva más clara al momento de tomar decisiones.

Dentro de la solución del problema que se intenta resolver, se ha planteado simular los datos de la demanda de cada producto, usando técnicas aprendidas en la materia de simulación matemática, usando la media y desviación estándar de la muestra que se logró obtener.

5.1 Política de inventario (Q,R)

Como se dejó establecido en el capítulo anterior, se va a usar el modelo de inventario (Q,R) de revisión continua, ya que los supuestos de este modelo se ajustan bastante a la realidad de esta institución. Sabemos que la demanda en

este modelo se puede representar mediante una distribución de probabilidad que no cambia con el tiempo.

El funcionamiento de este modelo consiste en que cada vez que el inventario de un producto llega a un nivel "R", se debe realizar un pedido de tamaño "Q" al proveedor

Cabe indicar que la institución gubernamental en la que se está llevando a cabo este proyecto, no tiene una política de inventario actualmente establecida. Lo que quiere decir que este trabajo servirá para tener una mejor visión de cómo rotan los diferentes productos y al mismo tiempo saber cuánto y cuándo pedir para que los costos de mantener el inventario se mantengan lo más pequeño posible.

5.2 Cálculo de costos

Para calcular los costos necesitaremos las siguientes formulas del modelo:

➤ Costo total del inventario

- $CT = Co * \left(\frac{D}{Q}\right) + Cm \left(\frac{Q}{2}\right) + Co(D)$

- *Dónde:*

- **Co** = Costo de adquisición del producto.
- **D** = Demanda promedio anual.
- **Q** = *Cantidad económica de pedido.*
- **Cm** = *Costo de mantener el producto en el almacen.*

➤ Costo de adquisición del producto

- $Co = Chh * ((Pc * Hc) + (Pr * Hr)) + Gb$

- *Dónde:*

- **Chh** = *Costo de horas hombre.*

- Pc = Personal requerido para hacer un pedido.
- Hc = Tiempo necesario para realizar un pedido.
- Pr = Personal requerido para recibir un pedido.
- Hr = Tiempo necesario para recibir un pedido.
- Gb = Gastos básicos por pedido.

5.3 Fórmulas del modelo (Q,R)

Cabe indicar que para este proyecto la demanda es desconocida y tampoco se conocen los costos por faltantes.

➤ Fórmula para encontrar la cantidad Q a pedir

- $$Q = \sqrt{\frac{2 * D * Co}{Cm}}$$

- *Dónde:*

- Q = Cantidad a pedir al proveedor.
- D = Demanda promedio anual por producto.
- Co = Costo de adquisición del producto.
- Cm = Costo de mantener el producto o también es el costo de oportunidad.

➤ Fórmula para calcular el inventario de seguridad

- $$B = z * \sigma$$

- *Dónde:*

- z = Nivel de servicio.
- σ = Desviación estándar de la demanda.

➤ Fórmula para encontrar el punto de reorden

- $R = (D * L) + B$
- *Dónde:*
 - $D =$ Demanda promedio anual por producto.
 - $L =$ Lead time
 - $B =$ Nivel de inventario de seguridad.

5.4 Simulación

Primero debemos tener muy claro el concepto de simulación, y por conceptos aprendidos en la materia de “Simulación matemática”, se puede decir en breves palabras que simulación no es más que una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora. Estos experimentos tienen ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos.

Teniendo como características principales que permite la exploración de escenarios posibles y además la simulación de sistemas se refiere a la construcción de un modelo abstracto que representa algún sistema de la vida real.

5.5 Razones para usar simulación matemática

Entre las razones principales que tenemos para hacer uso de esta técnica son:

- Es posible que el sistema aún no exista.
- Realizar experimentos directamente en el sistema puede ser muy costoso.
- O experimentar con el sistema es muy riesgoso.

En el caso de este proyecto no existe un sistema establecido para manejar los inventarios de la manera más adecuada por lo que es algo nuevo en esta institución.

5.6 Propósitos de usar la simulación matemática

Son básicamente tres propósitos básicos y son:

- **Comparación:** Evaluar efectos ante cambios en variables de decisión.
- **Predicción:** Determinar el estado del sistema en el futuro, dado el conocimiento sobre su estado actual y forma de evolucionar.
- **Investigación:** Nos da una visión panorámica del sistema en lugar de realizar una experimentación detallada.

CAPÍTULO 6

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se expondrán los resultados obtenidos de la aplicación del modelo sobre el manejo de inventarios (Q,R). Tal y como se dijo en capítulos anteriores, este modelo permitirá contestar las dos preguntas que toda política de inventario debe responder que son ¿Cuánto pedir y ¿Cuándo pedir?, por lo que de las dos clases de productos que tenemos que son lubricantes y combustibles se darán a conocer el punto de reorden (R), el stock de seguridad (S) y la cantidad económica a pedir (Q). Pero también obtendremos una estimación del costo total de inventario, la cual se presentará mediante gráficos de barra que permitirá observar mejor los resultados, y se hará una comparación de la situación actual de la institución frente a la propuesta que se está haciendo en este proyecto.

6.1 Presentación de resultados de lubricantes

A fin de que los resultados sean mejor entendidos, se los va a presentar de la siguiente manera: primero se va a separar por tipo de producto que pueden ser lubricantes o combustibles, seguido de esto en base a la categorización de los mismos se mostrarán los resultados, que puede ser A, B o C.

Recordar que se está usando el modelo (Q,R) para obtener los resultados.

6.1.1 Lubricantes de categoría A

A continuación, en una tabla se muestran los resultados obtenidos para esta categoría de los lubricantes:

CÓDIGO DEL PRODUCTO	STOCK DE SEGURIDAD (S)	PUNTO DE REORDEN (R)	CANTIDAD A PEDIR (Q)
P01-A	2466	3132	532
P02-A	2085	2563	302
P03-A	560	757	135
P04-A	687	873	142
P05-A	459	578	133
P06-A	117	224	107
P07-A	150	227	93
P08-A	128	199	119

Tabla 6.1 Resultados de los lubricantes categoría A
Fuente: Creado por los autores

Como se puede apreciar la tabla 6.1, vemos que tenemos los 8 productos tipo A de lubricantes con su respectivo stock de seguridad, punto de reorden y cantidad a pedir.

Y se concluye que para el producto P01 se deberá pedir 532 unidades del mismo, cuando el inventario haya llegado a 3132 unidades y como recomendación se dice que el stock de seguridad siempre se debe mantener

alrededor de 2466 unidades para no caer en faltantes. Y así con los demás productos.

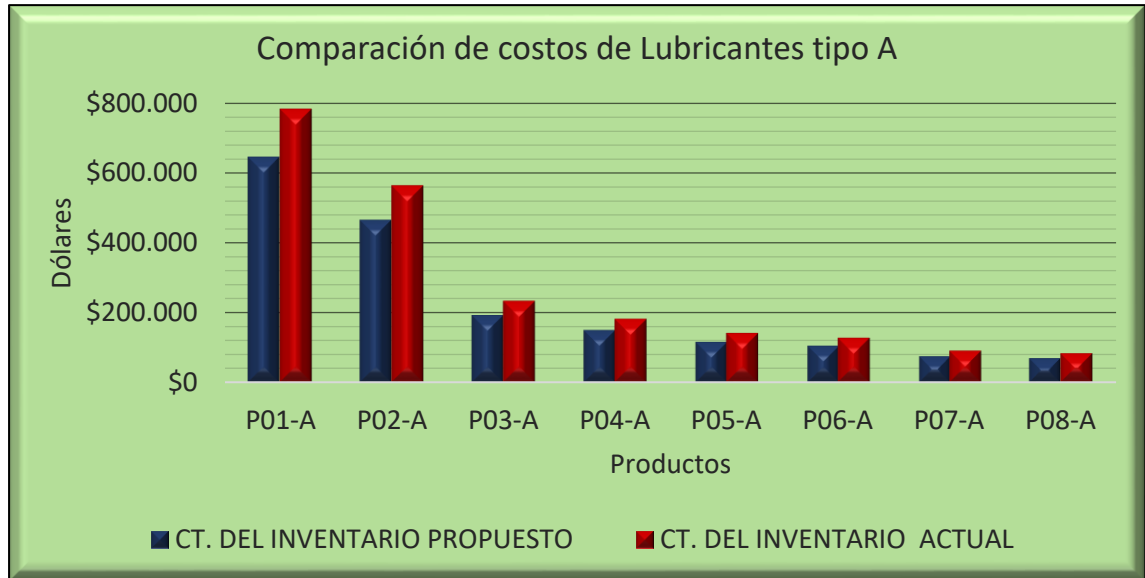


Figura 6.1 Costo total de inventario para lubricantes tipo A
Fuente: Creado por los autores

Tal y como se puede ver en la figura 6.1, existe un ahorro significativo con la implementación de la propuesta de este modelo de inventario.

6.1.2 Lubricantes de categoría B

Los resultados para los lubricantes de categoría B se los muestra en la siguiente tabla:

CÓDIGO DEL PRODUCTO	STOCK DE SEGURIDAD (S)	PUNTO DE REORDEN (R)	CANTIDAD A PEDIR (Q)
P09-B	271	340	83
P10-B	177	229	102
P11-B	93	140	42
P12-B	109	144	83
P13-B	124	152	71
P14-B	91	118	70

P15-B	115	139	57
P16-B	92	115	63
P17-B	82	103	48
P18-B	72	91	36

Tabla 6.2 Resultados de los lubricantes categoría B
Fuente: Creado por los autores

Como se puede apreciar en la tabla 6.2, están los diez productos de lubricantes que pertenecen a esta categoría con su respectivo stock de seguridad que se debería tener para evitar faltantes, su punto de reorden y la cantidad a pedir de cada uno cuando se haga un pedido.

Por otro lado, en el siguiente gráfico se podrá apreciar la comparación del costo total del inventario de la propuesta frente al de la situación actual de la institución.

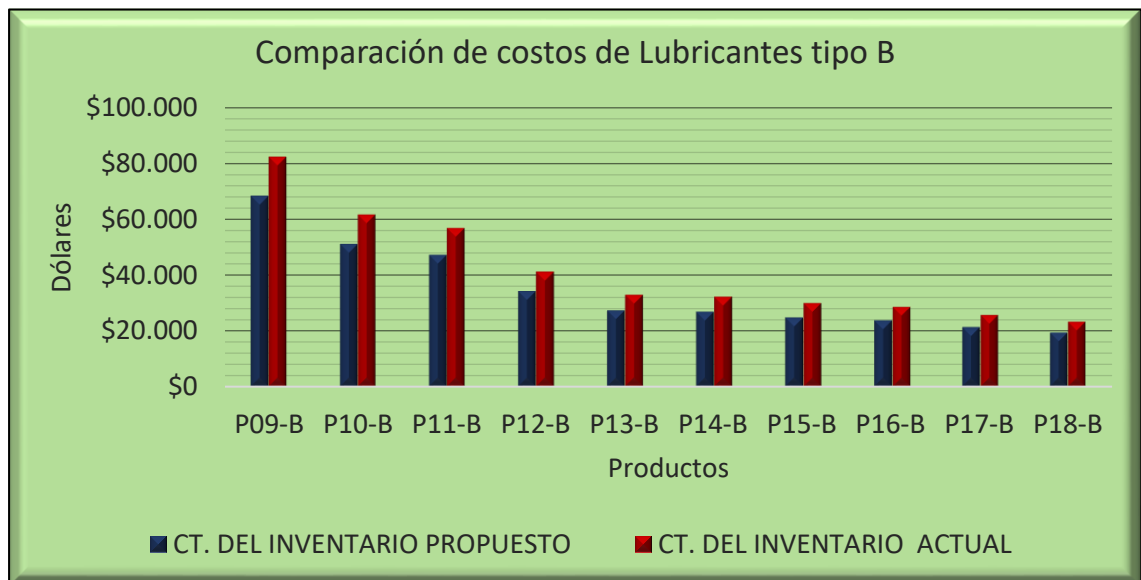


Figura 6.2 Costo total de inventario para lubricantes tipo B
Fuente: Creado por los autores

6.1.3 Lubricantes de categoría C

Los resultados para los lubricantes de categoría B se los muestra en la siguiente tabla:

CÓDIGO DEL PRODUCTO	STOCK DE SEGURIDAD (S)	PUNTO DE REORDEN (R)	CANTIDAD A PEDIR (Q)
P19-C	62	80	55
P20-C	54	71	83
P21-C	45	61	57
P22-C	51	65	54
P23-C	51	64	39
P24-C	48	61	48
P25-C	15	24	32
P26-C	27	35	29
P27-C	18	23	9
P28-C	4	7	43
P29-C	3	4	12

Tabla 6.3 Resultados de los lubricantes categoría C
Fuente: Creado por los autores

Como se puede apreciar en la tabla 6.3, están los once productos de lubricantes que pertenecen a esta categoría con su respectivo stock de seguridad que se debería tener para evitar faltantes, su punto de reorden y la cantidad a pedir de cada uno cuando se haga un pedido.

Por otro lado, en el siguiente gráfico se podrá apreciar la comparación del costo total del inventario de la propuesta frente al de la situación actual de la institución.

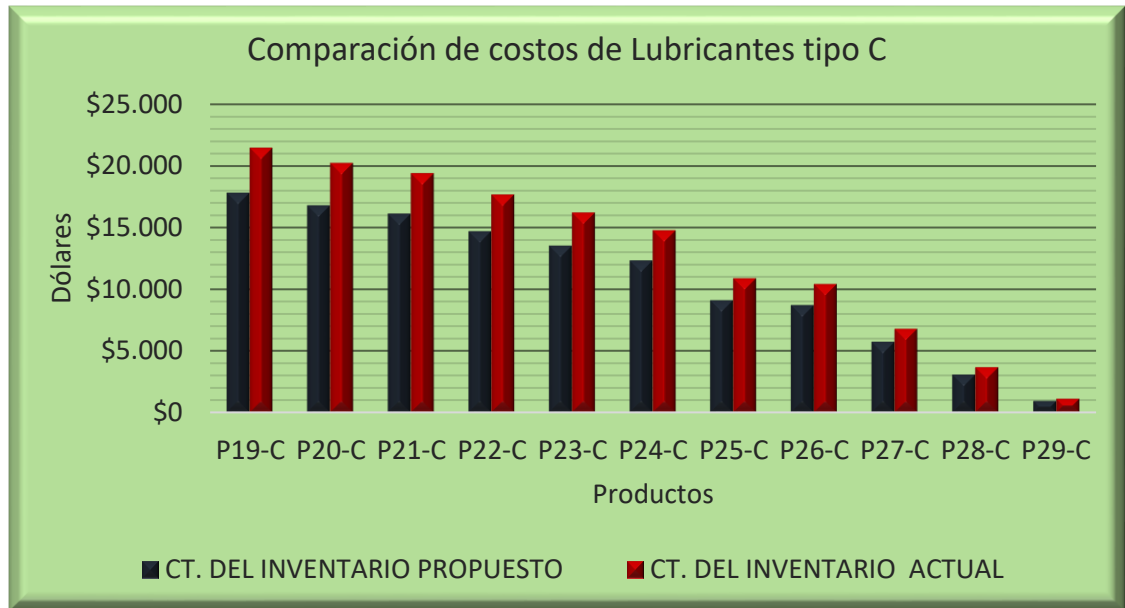


Figura 6.3 Costo total de inventario para lubricantes tipo C
Fuente: Creado por los autores

6.2 Presentación de resultados para combustibles

De la misma forma que se presentaron los resultados de los lubricantes, se procederá a presentar los resultados obtenidos de la aplicación del modelo (Q,R), de los combustibles. Ya que son pocos productos se mostrarán los resultados en un solo gráfico y en una sola tabla a continuación:

NOMBRE DEL PRODUCTO	INVENTARIO DE SEGURIDAD (S)	PUNTO DE REORDEN (R)	CANTIDAD A PEDIR (Q)
DIESEL II	135.125,26	177.750,28	3.207
GASOLINA PREMIUM	18.892,25	23.663,19	970
GASOLINA SÚPER	19.302,41	29.077,12	1.154
JET A1	9.295,48	12.756,76	480
AVGAS	1.041,29	1.381,15	154

Tabla 6.4 Resultados de los combustibles
Fuente: Creado por los autores

Como se puede apreciar en la tabla 6.4, están los cinco productos de combustibles, con su respectivo stock de seguridad que se debería tener para

evitar faltantes, su punto de reorden y la cantidad a pedir de cada uno cuando se haga un pedido.

Seguido de esto se presenta la gráfica donde se podrá apreciar la comparación de costos.

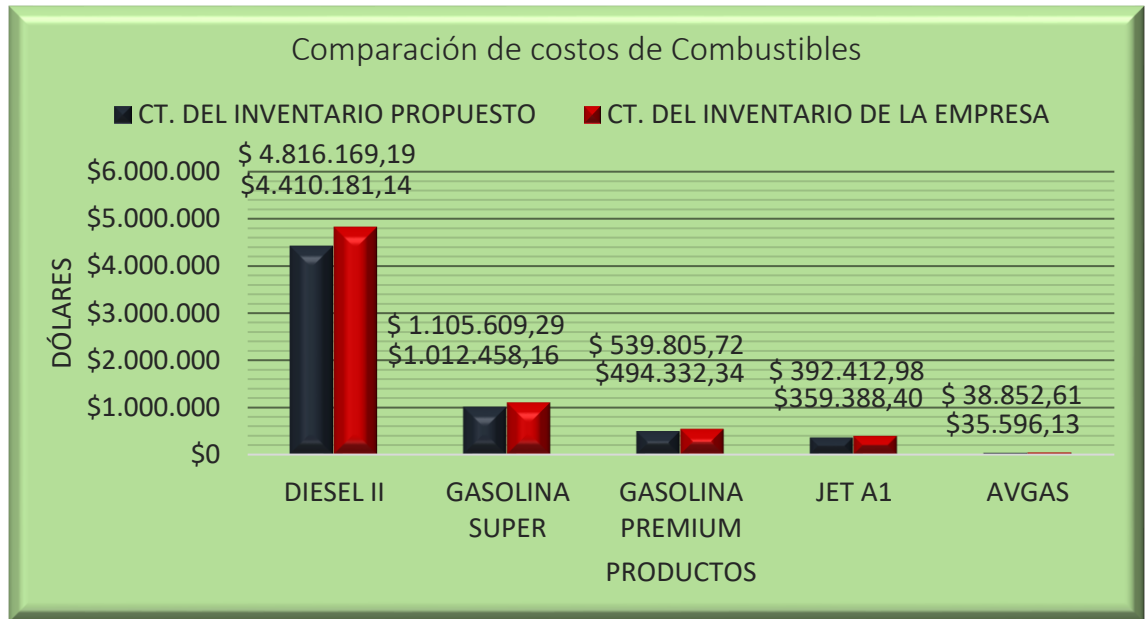


Figura 6.4 Costo total de inventario para combustibles
Fuente: Creado por los autores

CONCLUSIONES

- Se verificó en primera instancia la normalidad de los datos, mismos que fueron proporcionados por la institución, mediante una prueba bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y se pudo constatar que los datos no seguían una distribución normal, razón por la cual se decidió realizar una simulación de los datos para lograr que sean normales en base a la media y desviación estándar de la muestra.
- Seguido de esto, se realizó el análisis ABC de los diferentes productos y se logró clasificar a los mismos en base a su índice de rotación, ya que con este análisis se consigue conocer que productos, ya sean lubricantes o combustibles, son los que más se usan en las diferentes operaciones que se realizan anualmente.
- Se propone a los directivos mejorar el flujo en el proceso de compras, ya que se puede evidenciar en los resultados de este modelo que mientras más se consiga disminuir el tiempo del mismo, mejores resultados se obtienen en el costo total del inventario.
- Se concluye que, aplicando el diseño de inventario propuesto, se incurre en un ahorro del **8%** aproximadamente en costos de inventarios de combustibles y del **17%** en lubricantes.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el sistema informático donde se almacena toda la información del inventario, sea modificado el formato del formulario, ya que, así como está actualmente se pierde mucha información valiosa que a futuro pueda servir para realizar análisis más profundos de los mismos.
- Lograr que las bodegas cumplan con las características técnicas necesarias que dictan las normas internacionales de seguridad industrial, para el almacenamiento de estos productos como por ejemplo invertir en sistemas contra incendios para las bodegas, ya que por la naturaleza de los productos pueden causar graves accidentes y generar muchas pérdidas en caso de llegar a presentarse accidentes de este tipo.
- Estandarizar los procesos de recepción y despacho de las mercancías para que estos sean lo más rápido posible.
- Se recomienda que para estimar las cantidades a pedir a los proveedores y a tener en stock en los almacenes, ya sean productos de categoría A, B o C, se considere un nivel de confianza del 95%, debido a que por la naturaleza de las operaciones que en esta institución se realizan, no se pueden permitir faltantes bajo ninguna circunstancia.

Anexos

Anexo 1

Resultados de la simulación de datos.

Para este proceso se considera la media y desviación estándar de cada producto de la categoría “Lubricantes” y “Combustibles”. Se realizaron 8 muestras y después de esto se eligió una muestra de manera aleatoria para desarrollar el modelo de inventario, la cual se presenta a continuación como anexo.

Muestra de datos simulados de la categoría Lubricantes tipo A

P01-A	P02-A	P03-A	P04-A	P05-A	P06-A	P07-A	P08-A
1525	697	262	498	613	673	321	312
718	5650	546	2014	1629	637	332	460
11416	382	1067	796	67	359	493	175
304	3232	1644	818	626	799	757	658
3897	6622	1092	784	190	637	215	130
5615	1907	303	2.801	771	590	201	378
5880	2525	263	1.332	2072	747	790	618
4489	5093	1174	962	593	645	479	328
4216	4676	1088	2.403	712	573	511	525
2737	2733	2922	139	434	358	544	397
3394	334	525	242	910	470	362	322
227	3850	1488	450	772	721	555	460
6264	190	1314	201	1014	688	756	550
1230	228	2510	1.133	288	735	660	540
4831	5086	1409	1.164	545	715	478	327
4277	2989	1814	2.617	1672	725	569	518
2467	10103	906	659	18	528	576	597
1490	4116	1205	2.037	114	819	461	241
3290	915	1627	1.727	289	750	140	539
5639	3484	1867	110	740	882	435	636
10158	104	955	288	359	546	235	341
8408	2078	743	1.772	1586	833	322	541
1344	2587	637	653	345	513	386	481
3429	281	1374	1.653	1007	735	584	190

Muestra de datos simulados de la categoría Lubricantes tipo B

P09-B	P10-B	P11-B	P12-B	P13-B	P14-B	P15-B	P16-B	P17-B	P18-B
111	9	179	159	4	279	438	8	130	166
591	321	104	26	313	244	200	92	100	126
213	213	353	197	40	108	38	120	30	118

127	612	280	349	101	79	169	172	150	59
542	128	232	305	298	29	344	21	189	327
700	101	446	309	45	141	214	4	322	106
494	262	354	419	96	120	104	306	159	38
245	140	91	286	187	112	157	81	30	51
411	68	399	92	103	152	1	263	101	179
318	796	233	118	199	123	49	306	130	128
437	88	470	22	334	63	12	149	31	20
570	422	201	301	149	153	73	253	137	275
101	274	205	258	292	234	268	137	156	91
172	380	438	310	357	226	72	64	337	104
772	250	213	127	22	278	16	432	14	202
655	220	379	332	53	17	405	266	9	7
573	131	342	156	575	356	137	124	161	163
68	335	192	46	355	349	0	153	6	6
24	703	381	73	31	166	50	76	60	40
13	598	157	18	162	64	84	102	248	73
783	316	150	209	17	68	129	27	258	230
234	197	343	327	27	383	101	57	92	169
471	550	329	131	42	14	99	142	12	33
1417	427	312	454	185	154	441	95	214	41

Muestra de datos simulados de la categoría Lubricantes tipo C

P19-C	P20-C	P21-C	P22-C	P23-C	P24-C	P25-C	P26-C	P27-C	P28-C	P29-C
287	208	82	136	171	31	45	50	12	28	8
98	236	56	92	7	72	54	71	51	20	4
51	74	123	64	107	71	40	67	37	8	3
154	165	90	167	55	198	61	20	19	23	0
109	41	60	31	163	31	45	127	31	14	8
165	142	228	146	54	134	46	67	17	15	2
114	158	120	50	121	29	79	92	13	25	3
154	191	60	57	88	2	43	88	10	16	5
49	94	62	81	40	131	56	77	0	21	6
66	136	149	48	108	44	59	14	30	16	5
160	3	156	115	38	95	82	59	35	19	2
39	103	38	29	46	3	4	30	12	16	10
210	92	29	14	34	16	41	6	1	15	10
21	163	124	9	24	90	85	80	31	17	4
81	41	138	238	113	100	58	10	33	22	4
9	39	56	4	9	116	63	16	45	18	9
75	130	3	44	70	17	59	13	38	26	2
80	20	96	144	31	83	45	56	7	12	9
251	58	78	41	157	171	66	36	79	22	4
142	113	172	126	41	92	21	36	73	23	4

17	132	139	105	143	174	49	84	27	18	12
159	22	130	96	238	2	63	11	23	14	1
39	21	27	180	8	30	74	58	15	13	2
54	88	129	117	65	46	49	58	69	18	6

Muestra de datos simulados de la categoría Combustibles

DIESEL II	GASOLINA PREMIUM	GASOLINA SÚPER	JET A1	AVGAS
248.067,29	32.234,17	26.171,07	25.607,11	1.531,01
44.082,83	68.646,28	32.620,42	5.149,42	3.061,06
30.308,79	6.769,41	14.208,73	34.985,25	1.575,41
693.511,23	50.384,37	74.989,02	18.982,37	1.602,74
307.651,01	6.082,13	38.361,64	16.411,24	2.088,16
373.928,08	6.614,83	94.534,65	20.795,06	4.679,22
379.035,47	25.254,78	100.748,84	20.747,51	2.299,08
188.075,03	22.732,69	18.065,11	46.504,93	3.129,72
207.539,49	27.980,99	66.416,26	21.102,42	1.388,46
575.369,67	27.720,29	35.619,31	26.212,29	1.093,42
297.632,72	12.269,14	22.606,01	28.693,91	2.824,70
518.425,11	49.233,84	23.349,10	42.278,49	814,35
199.430,92	65.301,63	42.545,94	26.940,80	3.141,04
226.721,48	53.855,71	47.980,81	12.634,57	547,49
301.170,44	11.444,40	48.815,77	23.536,91	2.062,76
394.388,17	36.166,30	49.023,33	12.951,85	895,10
145.715,15	76.888,61	61.627,49	8.031,85	2.088,65
309.829,95	27.847,87	37.123,89	17.631,50	1.097,79
258.287,49	77.831,10	59.586,07	8.406,28	4.469,30
215.302,97	10.015,44	12.736,97	10.919,13	2.500,60
342.259,07	23.757,19	57.128,32	12.782,47	5.354,02
113.858,12	33.114,80	55.322,95	14.352,18	1.639,45
145.602,96	10.475,94	37.159,54	5.207,40	2.735,32
100.780,49	31.095,34	49.035,34	6.427,09	2.216,40
248.043,70	24.614,36	82.633,05	32.903,19	1.218,79
330.178,21	35.170,05	76.293,44	23.513,46	476,79
215.282,48	13.514,08	80.781,60	16.228,33	587,78
319.093,31	9.792,60	80.319,13	33.628,01	4.260,60
247.534,94	16.462,87	91.695,94	14.304,95	5.607,03
357.809,83	44.613,82	95.682,21	24.305,69	1.143,86
105.878,43	5.885,59	86.161,33	24.904,07	613,15
266.804,02	16.706,24	91.022,46	33.797,52	1.998,56
143.244,99	55.022,12	83.972,20	26.923,70	312,02
182.107,85	25.466,89	95.267,99	26.957,74	348,98
119.958,17	405,39	88.075,94	27.044,92	2.384,25
181.968,70	3.462,76	82.979,81	6.217,01	640,58

Anexo 2

Resultados de la prueba de bondad de ajuste con el test de Kolmogorov Smirnov

Categoría de combustible y su valor $p > 0,05$

<i>PRODUCTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</i>	<i>VALOR P</i>
<i>AVGAS</i>	2.067,43	1.239,64	0,15
<i>DIESEL II</i>	259302,18	140464,18	0,15
<i>GASOLINA PREMIUM</i>	29.023,17	22.490,78	0,12
<i>GASOLINA SÚPER</i>	59462,83	26976,61	0,068
<i>JET A1</i>	21056,13	10369,21	0,15

Categoría de lubricantes y su valor $p > 0,05$

<i>PRODUCTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</i>	<i>VALOR P</i>
<i>P1</i>	4052,01	2936,06	0,15
<i>P2</i>	2911,00	2481,93	0,15
<i>P3</i>	1197,23	666,41	0,15
<i>P4</i>	933,42	884,27	0,029
<i>P5</i>	723,48	546,96	0,061
<i>P6</i>	653,23	139,07	0,15
<i>P7</i>	465,01	178,93	0,15
<i>P8</i>	427,75	152,62	0,15
<i>P9</i>	418,36	322,36	0,15
<i>P10</i>	314,21	211,27	0,15
<i>P11</i>	282,60	110,78	0,15
<i>P12</i>	209,28	130,12	0,15
<i>P13</i>	166,13	147,96	0,087
<i>P14</i>	163,02	108,39	0,11
<i>P15</i>	149,98	136,64	0,057
<i>P16</i>	143,73	109,25	0,052
<i>P17</i>	128,27	97,45	0,15
<i>P18</i>	114,68	85,86	0,15
<i>P19</i>	107,74	74,01	0,15
<i>P20</i>	97,68	53,59	0,15
<i>P21</i>	80,56	60,83	0,1

P22	79,40	70,93	0,15
P23	74,08	57,67	0,15
P24	64,14	68,28	0,15
P25	53,56	18,32	0,15
P26	51,08	32,06	0,15
P27	29,45	21,58	0,15
P28	18,32	4,87	0,15
P29	5,00	3,24	0,07

Bibliografía

García, L. A. (s.f.). *Gestión Logística Integral*.

Ingeniería en los procesos. (s.f.). Obtenido de <http://teming.blogspot.com/p/punto-de-reorden-con-demanda.html>

López, B. A. (s.f.). *Logística y Abastecimiento*. Obtenido de <http://logisticayabastecimiento.jimdo.com/gesti%C3%B3n-de-inventarios/control-de-inventarios-con-demanda-deterministica/>

Serhii Ziukov, U. M. (2015). *Business Systems and Economics*. Obtenido de <https://www3.mruni.eu/ojs/business-systems-and-economics/article/view/4130/3885>

Taha, H. (s.f.). *Investigación de Operaciones*.

Zurita, G. (Probabilidad y Estadística).

