



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
INGENIERÍA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE**

TEMA:

**“PREDICCIÓN DE DEMANDA Y OPTIMIZACIÓN DE ESPACIO EN UNA
BODEGA DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS UBICADA EN PASCUALES”**

INFORME DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

(Dentro de una materia de la malla)

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“INGENIERO EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE”

PRESENTADO POR:

JULIO FERNANDO CÁRDENAS BORBOR

IRVIN GABRIEL SORIA CASTRO

**GUAYAQUIL - ECUADOR
AÑO 2013**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por todo el apoyo brindado de manera incondicional, a todos mis maestros politécnicos por haberme impartido de la mejor manera sus conocimientos académicos, a mis compañeros por su ayuda durante esta etapa, pero sobre todo le agradezco a Dios por proveerme de todo lo necesario, por darme salud y las fuerzas necesarias para seguir adelante y alcanzar mi objetivo planteado.

Julio Fernando Cárdenas Borbor

Quiero agradecer en primer lugar al Ing. Víctor Vega quien compartió sus conocimientos, los cuales me sirvieron para formarme académicamente y no sólo fue un maestro sino una persona la cual me pudo ayudar a resolver cualquier inquietud presentada y fue clave para la realización de este proyecto; agradezco también a M.Sc. Fabricio Echeverría quien nos brindó su apoyo incondicional en la elaboración de este proyecto y gracias a su experiencia supo guiarnos y ayudarnos en el desarrollo del mismo.

Irvin Gabriel Soria Castro

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Julio Agustín y Grelia María por el apoyo incondicional brindado siempre y en especial en esta etapa académica, dedico a mi hija Doménica Alejandra quien es un eje principal en mi vida, además de ellos se lo dedico con mucho amor a un ser muy especial que aunque ya no está entre nosotros sigue presente en mi vida, dedicado especialmente a Rosario Borbor por ser un vivo ejemplo de valores y virtudes.

Julio Cárdenas Borbor

A mis padres Freddy y Yadira por ser pilares fundamentales en la formación como persona y han apoyado cada una de las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida. También quiero dedicar este proyecto a mis dos abuelos Genaro y Gladys por su ayuda incondicional en esas interminables madrugadas con las cuales empezaban mis jornadas académicas y sus anhelos de que me supere y sea una mejor persona cada día.

Irvin Gabriel Soria Castro

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

M. Sc. Xavier Cabezas
DELEGADO DE TRIBUNAL

M. Sc. Pedro Echeverría
DIRECTOR DE PROYECTO DE
GRADUACIÓN
(Dentro de una materia de la malla)

DECLARACIÓN EXPRESA

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

Julio Fernando Cárdenas Borbor

Irvin Gabriel Soria Castro

RESUMEN

La bodega principal de una compañía de bebidas ubicada en la Prov. del Guayas se encuentra con deficiencias de espacio para el almacenaje de sus productos terminados. Ante esta situación los dirigentes de la compañía tienen la opción de ampliar las instalaciones. El presente estudio demuestra que, realizando un pronóstico de ventas y considerando una redistribución del espacio de almacenaje, es posible evitar un gasto en ampliaciones innecesarias y nos ayuda a mejorar el ratio por m²/litro.

ABSTRACT

The main hold a beverage company located in the Province of Guayas is deficient storage space for finished products. In this situation the leaders of the company have the option to extend the facility. The present study demonstrates that, making a sales forecast and considering a redistribution of storage space, you can avoid unnecessary spending increases and helps us to improve the ratio by m²/l.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 HIPÓTESIS Y PROCEDIMIENTOS.....	5
CAPÍTULO 2	6
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.2 JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO	7
2.3 OBJETIVOS DE ESTUDIO	8
2.3.1 <i>Objetivos generales</i>	9
2.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	9
CAPÍTULO 3	10
3.1 PRONÓSTICOS DE VENTAS.....	10
3.1.1 <i>Pasos a seguir en un pronóstico</i>	12
3.1.2 <i>Análisis de datos</i>	12
3.1.3 <i>Selección del modelo</i>	13
3.1.4 <i>Selección de un modelo de pronóstico</i>	15
3.1.5 <i>Atenuación o suavización exponencial</i>	18
3.2 CLASIFICACIÓN ABC DE LOS PRODUCTOS	25
CAPÍTULO 4	29
4.1 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	29
4.1.1 <i>Metodología:</i>	29
4.2 PRONÓSTICO DE VENTAS.....	30
4.3 DIAGRAMA DE PARETO	32
4.4 REQUERIMIENTO DE ESPACIOS.....	34
CAPÍTULO 5	36
5.1 OBTENCIÓN DE DATOS	36
5.2 ÁREAS DE PRODUCTOS	36
5.3 MEJORAR LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	37
5.4 CONSIDERACIONES DE UBICACIÓN DE PRODUCTOS	40
CAPÍTULO 6	41
6.1 RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE COSTOS.....	41
CAPÍTULO 7	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
7.1 CONCLUSIONES	42
7.2 RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA	44

DEFINICIONES

1. Algoritmo: conjunto ordenado de instrucciones sistematizadas que permite hallar la solución de un problema específico.¹
2. Asignación: distribución eficiente de los recursos de la empresa.
3. Depósito: lugar destinado para almacenamiento de recursos.
4. Distribución: determinar posiciones específicas para recursos.
5. Fuente primaria: comprende técnicas o métodos de recolección de datos originales. Que pueden ser obtenidos mediante encuestas, censos, muestreos
6. Fuente secundaria: datos provienen de publicaciones de estudios realizados por otras personas o empresas.
7. Galpón: construcción relativamente grande, que suele destinarse al depósito de mercaderías o materiales para el uso de la empresa.
8. Insumos: son los bienes y servicios que se incorporan en el proceso.
9. Inventario: término que refiere a las existencias presentes en la bodega.
10. Layout: refiere a la distribución física de las instalaciones o diseño de plantas.
11. Montacargas: máquina que consta de una plataforma que se desliza a través de guías metálicas para el traslado de materiales o personas.

¹ Las explicaciones planteadas corresponden a autoría propia de los autores.

12. Optimizar: buscar la mejor manera de realizar una actividad.
13. Pallet: plataforma generalmente construida de madera o plástico, destinada a la transportación o almacenamiento de las mercancías.
14. Parámetro: elemento cuyo conocimiento es necesario para poder comprender un problema o asunto.
15. Picking: proceso de recogida de materiales o insumos, extraídos de una posición determinada en la bodega.
16. Pronóstico: proyectar un evento que pudiese o no ocurrir en el futuro, pronosticado en base a un análisis de datos ocurridos en el pasado.
17. Restricción: refiere a la limitación de recursos, cota mínima o máxima.
18. Sell Out: refiere al consumo o ventas de productos.
19. Sorting: proceso de clasificación y ordenamiento de productos.
20. Tercerizar: encargar a terceros actividades de la empresa para un mejor desempeño.
21. Serie estacionaria: aquella cuyo valor promedio no varía a lo largo del tiempo (John E. Hanke)
22. Serie con tendencia: aquella serie de tiempo que tiene un componente de largo plazo que representa el crecimiento o declinación de la serie a través de un largo periodo (John E. Hanke).
23. Serie estacional. Serie de tiempo con un patrón que se repite a sí mismo año tras año (John E. Hanke).

24.Efecto cíclico: es la fluctuación en forma de onda alrededor de la tendencia los patrones cíclicos tienden a repetirse en los datos cada dos tres o más años (John E. Hanke).

ABREVIATURAS

1. C: costo unitario de un producto medido en unidades monetarias
2. D: demanda de un producto medido en unidades.
3. DAM: Desviación media absoluta.
4. EMC: Error medio cuadrado.
5. K: costo fijo por realizar un pedido.
6. PEMA: Porcentaje error medio absoluto.
7. Q_i : cantidad de pedido.
8. SKU: Stock Keeping Unit (Número Único de Identificación).
9. TC: costo total en unidades monetarias.
10. TIC: Tecnologías de Información y Comunicación.
11. PME: Porcentaje medio de error.
12. GAMS: General Algebraic Modeling System.

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1 Esquema de la distribución actual de la bodega</i>	<i>4</i>
<i>Ilustración 2 Perfil de inventario vs. capacidad de almacenamiento.</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 3 Ejemplo de ventas (Ballou 2004)</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 4 Selección de una técnica de Pronóstico</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 5 Metodología de la Optimización</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 6 Diferencias entre modelo de Brown y Holt</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 7 Iniciativas plantadas.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 8 Pasillo grupo C y D</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 9 Distribución física por rotación.....</i>	<i>40</i>

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Clasificación de productos de la bodega</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2 Valores de predicciones Holt y Brown</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 3 Muestra del EMC y el intervalo de confianza</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4 Productos y sus requerimientos.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5 Cálculo de área por producto</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 6 Cantidad de almacenamiento por área actual</i>	<i>39</i>

CAPÍTULO 1

1.1 *Introducción*

Cuando se utiliza el término “Layout”, lo que hace referencia es a la manera de cómo se encuentra diseñada o distribuida alguna infraestructura física. A lo largo del desarrollo del presente trabajo, cuando se mencione el término “layout de una bodega”, se entenderá entonces por el diseño físico de una bodega, u otras ocasiones al diseño de una distribución existente o que se pretende conseguir.

El layout de una bodega dependerá de muchos factores, entre ellos las necesidades y recursos con el que cuenta cada una de ellas. Para una buena implementación de un layout se debe de estar consciente que el desarrollo tecnológico es de vital importancia, así como también es necesario considerar la industria en que se desenvuelve, la estructura del proceso, el equipo y herramientas necesarios, las necesidades físicas de un área de producción, puestos de trabajo, rutas a seguir dentro de un proceso dentro de la bodega, entre otras.

Cada compañía debería realizar las provisiones necesarias para poder almacenar sus productos en los espacios que se requieran, ya sean propios o alquilados, temporales o permanentes, mientras se espera que ellos sean vendidos. Se necesita realizar un mecanismo de tal forma que el almacenaje

sea idóneo, puesto que los ciclos de producción y consumo difícilmente coinciden. La función de almacenamiento supera la discrepancia en cuanto se refiere al tiempo y las cantidades deseadas.

Muchas veces las empresas no miden los niveles de compras, y se dejan llevar por las ofertas y descuentos que los proveedores ofrecen; esto en ocasiones, muy lejos de provocar ahorros a las compañías, lo que generan es incrementar los costos de almacenamiento. Si bien es cierto, por un lado se producen ahorros por descuentos pero por otro, se genera incrementos de costos de almacenamiento. Se debería pues, qué es lo más conveniente para la empresa. Un sobre stock, además de elevar costos, también generan falta de espacio físico para el correcto desempeño de las actividades, el libre desplazamiento del recurso humano así como el de los montacargas, y si se analiza más a fondo, todo esto genera retrasos en la entrega del producto.

Es importante por lo mencionado anteriormente, que la compañía determine el número suficiente de compras ya sea materia prima, productos complementarios, terminados, etc., así como, el determinar el espacio físico donde se almacenarán estas compras realizadas. Lo ideal sería que mientras se vayan realizando compras necesarias, la compañía vaya vendiendo todo el producto elaborado, y así tener un stock almacenado igual a cero. Pero en la vida real esto no se puede dar a menos que la producción se realice sólo bajo los pedidos realizados por los clientes, pero, ¿ellos saben cuánto van a

necesitar para la producción de los bienes o productos que venden?, la respuesta es sólo si ellos también venden o producen sólo bajo pedidos. Pero al final de la cadena de consumo, el cliente final o consumidor del bien, es quien decide si comprar o no, un producto específico que satisfaga sus necesidades o exigencias.

Es necesario entonces determinar cuánto comprar en base a cuánto se espera vender. Es meritorio entonces, antes de determinar una correcta distribución de una bodega, cuánto se piensa o espera vender, para ello es necesario saber pronosticar las ventas.

Se puede dar el caso de subcontratar operadores logísticos que se encarguen del manejo de la bodega, pero esto es dado bajo el nivel de confianza existente entre ambas partes. Existen muchas ventajas como desventajas el subcontratar a un operador logístico. Si se pide nombrar una ventaja, esta es que un operador logístico se asume es una compañía especializada que manejará los recursos a él asignados de una manera muy eficiente, pero si se pide mencionar una desventaja, esta es que, si bien el operador manejase de la manera más óptima posible los recursos asignados, el dueño que está subcontratando, pierde el control de decisión dentro de la bodega tercerizada. La empresa objeto de estudio, es una compañía de bebidas que tiene sus bodegas localizadas en la misma planta.

La bodega objeto de estudio se encuentra ubicada en Pascuales, cantón Guayaquil provincia del Guayas. Está conformada por cuatro zonas principales de almacenamiento: Grupo A (309,8 m²), Grupo E (325 m²), Grupo C y Grupo D (365 m²), formando entre estos grupos un área aproximado a 1000 m², área en la cual se llevan a cabo diferentes actividades tales como la recepción de insumos y materias primas, el almacenamiento de los mismos, el alistamiento de productos terminados o las materias primas a utilizar en la producción de las bebidas, y la actividad de despacho entre otras. Para un mejor entendimiento presentamos una ilustración gráfica de cómo se encuentran distribuidas las zonas en la bodega mencionada (Ilustración 1).

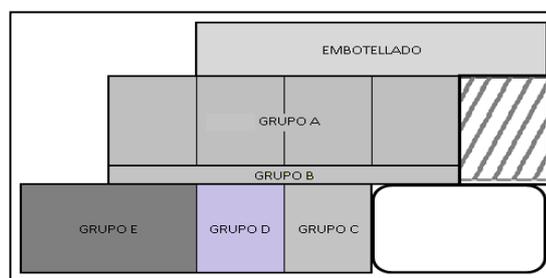


Ilustración 1 Esquema de la distribución actual de la bodega

La bodega cumple la función de centro de distribución para la región Costa y en algunas ocasiones distribuye de ser necesario a varias ciudades de la Sierra y el Oriente. Es de mucha importancia por lo tanto optimizar toda el área de la que se dispone para poder almacenar la mayor cantidad de bebidas producidas logrando así tener el producto demandado por todas las

ciudades en el momento que se los requiera, ahorrando costos de mantenimiento e inversiones innecesarias.

1.2 Hipótesis y procedimientos

El presente proyecto presenta opciones para corregir este problema:

Para corregir la falta de espacio y mejorar la distribución física de la bodega se pretende solucionar por medio de una distribución ABC de los productos y se plantea como hipótesis que si se planifica de esta forma y se realiza una predicción de las ventas, no será necesario realizar una ampliación de la bodega y se realizarían ahorros por esta opción.

Para alcanzar nuestro objetivo planteado seguiremos los siguientes pasos:

- Analizar los datos e identificar patrones
- Seleccionar método de pronóstico
- Definir un intervalo de confianza
- Realizar predicciones para el mes deseado
- Ordenar los productos en forma descendente
- Definir tipo de productos por clasificación ABC
- Calcular volumen requerido en espacio físico
- Definir el ratio HI/m^2
- Definir zonas para productos.

CAPÍTULO 2

2.1 *Planteamiento del problema*

En la actualidad la bodega cuenta con un área de aproximadamente 1000m² para el almacenamiento, pero debido a la gran demanda del producto por todas las ciudades, se hace necesario incrementar dicha sección de la bodega, esto según el criterio de las personas encargadas del manejo de esta zona. La ampliación de la misma es una de las alternativas con las que se cuenta, pero antes de optar por esta opción es necesario realizar un estudio y verificar si en realidad se está distribuyendo de una manera óptima el espacio con el cual se cuenta y evitar de esta forma, una inversión innecesaria en la ampliación o construcción de nuevos galpones, en los cuales se pretende almacenar el producto requerido por los demandantes. El área requerida adicional para el mes de diciembre del año 2012, según las demandas determinadas bajo las políticas propias de la empresa es de 240,77m², es decir, se necesitaría incrementar el área de almacenamiento y pasar del área actual de 1000m² a 1240,77m², para así poder almacenar todo el stock de inventario necesario para el mes en mención.

2.2 Justificación de estudio

Los montos de inversión en la construcción de nuevos galpones son de gran consideración en comparación de realizar un análisis de una reingeniería del diseño de la bodega. Realizando un buen estudio se estaría ahorrando mucho tiempo, pues la construcción de nuevas áreas de almacenamiento no se llevaría dos o tres semanas sino quizás dos o tres meses en construirse y todo este tiempo podría ser más bien utilizado en la reingeniería de distribución de la bodega, además de que se estaría ahorrando costos de construcción.

Es por esto que se hace meritorio realizar un estudio detallado de cómo se encuentra distribuida en la actualidad la bodega y de esta manera proponer un nuevo diseño de bodega, permitiendo comparar si realmente está distribuida de manera óptima o puede ser necesaria una reingeniería y verificar si es posible incrementar el volumen de almacenamiento de los productos sin tener que incurrir en gastos de construcción sino mas bien en incurrir en inversiones de re-distribución. El resultado de una optimización de Layout de bodega permitiría almacenar mayor cantidad de producto en la menor área posible, y según datos de la empresa, el nivel de inventario está por encima de la capacidad en determinados meses como se puede apreciar en la gráfica ilustración 2.



Ilustración 2 Perfil de inventario vs. capacidad de almacenamiento.

Actualmente la demanda de los clientes externos hace necesario realizar el presente estudio. Como se puede apreciar en la gráfica siguiente (ilustración 2), en las semanas 8, 14, 16, 20, 24, de la 40 a la 44 y de la 50 a la semana 2 del siguiente año, se nota un claro incremento de demanda por lo que antes semanas denominadas semanas pico se hace necesario el incremento de espacio físico en la bodega tanto para incrementar la producción como para el almacenaje del producto elaborado.

2.3 Objetivos de estudio

Establecer objetivos es esencial para el éxito del estudio del diseño de la bodega de bebidas, éstos establecen un curso a seguir y sirven como guía para medir luego el avance realizado

2.3.1 Objetivos generales

Entre los objetivos generales de este proyecto tenemos:

- Pronosticar la demanda del producto para cualquier mes del año
- Optimizar el espacio de la bodega.
- Incrementar la capacidad de almacenamiento de la bodega.

2.3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos (están expresados en cantidad y tiempo²) para alcanzar nuestras metas son:

- A través del modelo estadístico de Holt (atenuación exponencial) realizar el pronóstico de la demanda del mes de Diciembre del 2013.
- Optimizar el espacio de la bodega mediante el Diagrama de Pareto la clasificación de productos ABC, para dar prioridad a aquellos que requieren un mayor control y manejo, generando ubicaciones fijas para cada producto.
- Incrementar la capacidad de almacenamiento de Hl/m^2 de la bodega identificando zonas potenciales de almacenamiento.

➤ ² Fuente: ROODBERGEN, J. K. Layout and routing methods for warehouses. Thesis (PhD)-Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, 2001.

CAPÍTULO 3

3.1 *Pronósticos de ventas*

Las cantidades a pedir, elaborar o vender de bienes o insumos, así como la forma o manera en que se requerirán materiales, es de mucha importancia dentro de la planeación de toda empresa. Se hace de forma imprescindible, el realizar un correcto estudio de pronóstico para determinar sucesos posibles en el futuro y de esta forma, basándose en posibles resultados, tomar las decisiones correctas con el fin de minimizar gastos y evitar los desperdicios de bienes o incrementar las devoluciones por obsolescencias o caducidad.

Al momento de realizar un pronóstico se debe de tener en cuenta dos factores: los datos existentes y el tiempo de los pronósticos.

Para realizar un pronóstico se pueden utilizar dos tipos de datos: cualitativos o cuantitativos. Es cualitativo si el criterio del pronóstico es en base a juicios o experiencias adquiridas, por ejemplo un gerente puede tomar decisiones basándose en eventos que haya observado en el pasado , sin la necesidad de utilizar métodos numéricos, sólo son en base a experiencias, que en ocasiones incluso pueden ser más precisas que los pronósticos en base a cálculos numéricos, por lo contrario, un pronóstico es cuantitativo cuando de por medio existen datos históricos de las variables consideradas para

pronosticar, a las cuales se les realiza un proceso mecánico para llegar al pronóstico deseado.

El tiempo también juega un papel importante al momento de pronosticar, no es igual pronosticar una venta diaria que pronosticar las ventas anuales de los próximos diez años, es así que los pronósticos pueden ser a corto plazo o a largo plazo. Los pronósticos a largo plazo son aquellos en los cuales los periodos de tiempo son mayores al año, que por lo general son de 5, 10 y hasta 20 años, los administradores son los que se enfocan en este tipo de pronóstico, ya que son ellos quienes toman las decisiones a largo plazo como por ejemplo si se apertura o no una nueva planta. Mientras que las jefaturas de rango medio o parte operativa de una empresa son las que se centran más en los pronósticos a corto plazo, realizados a tareas que se llevarán a cabo en los próximos días, semanas o meses.

La mejor manera de seleccionar un tipo el pronóstico es teniendo en cuenta las variables presentadas con anterioridad, como por ejemplo, se puedan realizar las siguientes preguntas al momento de seleccionar un método de pronóstico: ¿se necesita pronosticar a corto o a largo plazo, existen datos globales o específicos, existen los datos cuantitativos históricos necesarios o se realizarán en base a juicios o experiencias pasadas?

Para realizar el pronóstico del presente estudio se utilizará un pronóstico cuantitativo, a corto plazo.

3.1.1 Pasos a seguir en un pronóstico

Los pasos a seguir para realizar un pronóstico según John E. Hanke Arthur son:

- Análisis de datos
 1. Recopilación de datos
 2. Reducción o condensación de datos
- Selección del modelo
 3. Construcción del modelo
 4. Extrapolación del modelo

3.1.2 Análisis de datos

En el primer paso lo que pretende es seleccionar los datos que son de interés de estudio siendo ésta fase una de las más difíciles o que ocupa la mayor cantidad de tiempo al tener que pasar horas recolectando la información necesaria, es por esto que se podrían considerar los siguientes criterios para determinar si los datos recolectados serán o no útiles:

- Los datos deben ser confiables y precisos, éstos deben proceder de una fuente confiable.
- Los datos deben ser pertinentes, deben de representar las circunstancias para las cuales han sido considerados como objeto de estudio.

- Los datos deben ser consistentes, puesto que si se modifica algún criterio estos deben de conservar su esencia por la cual fueron seleccionados.

En el segundo paso se debe de validar si los datos obtenidos son los necesarios e idóneos para el pronóstico. En este paso se debe de considerar eventos de gran impacto que hayan sucedido y que pudiesen influir en el resultado de los pronósticos, por ejemplo, si se desean pronosticar las ventas de boletos aéreos hacia los Estados Unidos de Norteamérica para los próximos diez años, se debería de considerar el atentado aéreo a las torres gemelas el 11 de septiembre de 2001 como un punto de reflexión, puesto que no sería correcto pronosticar estas ventas considerando los últimos 30 años, ya que este atentado marcó una gran diferencia en las ventas de tickets aéreos desde entonces, y más bien se deberían de considerar los años siguientes al acontecimiento suscitado.

3.1.3 Selección del modelo

En el tercer paso se procura ajustar todos los datos de manera que estos contengan el menor valor de error de pronóstico para la construcción del modelo, en este paso se debe de equilibrar dos criterios, el de que mientras más sencillo es el modelo mayor aceptación tiene por su fácil entendimiento y el otro criterio de que a mayor complejidad mayor precisión. Debe de existir un equilibrio entre estos criterios, pero además se debe de tener en cuenta la

cantidad de datos históricos existentes para la creación del modelo de pronóstico.

En ocasiones se puede distinguir o apreciar en las series de datos algún tipo de tendencia, estacionalidad o un número bajo de aleatoriedad entre los mismos, cuando se da este tipo de situación se dice que existen datos regulares. Cuando existe una gran dispersión de datos debido a una demanda muy inestable y con un alto grado de incertidumbre, entonces se dice que son datos irregulares. Para poder apreciar lo mencionado podemos citar un ejemplo gráfico como se muestra en la ilustración 3.

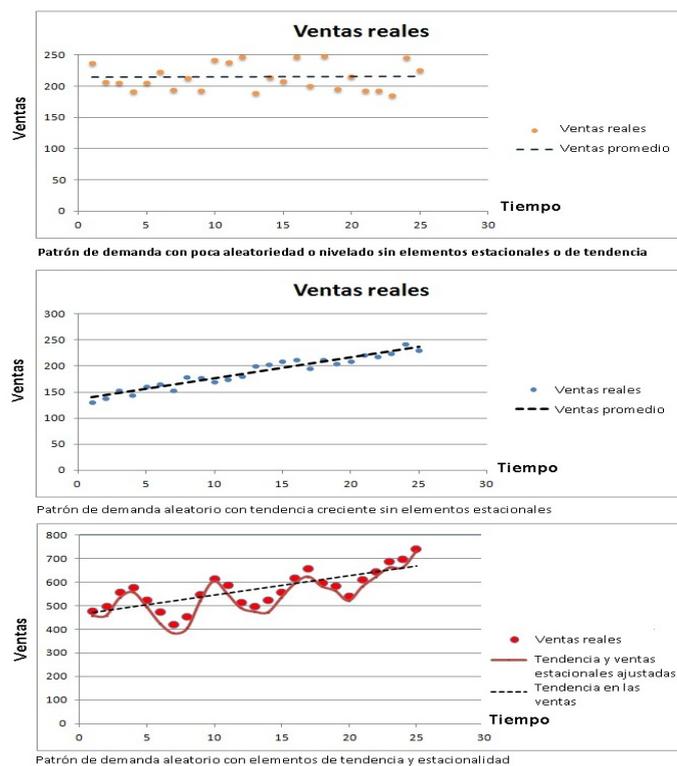


Ilustración 3 Ejemplo de ventas (Ballou 2004)

En el cuarto paso, se procederá a realizar una extrapolación del modelo, es decir, pronosticar los datos más recientes sabiendo los resultados reales y compararlos entre sí. Es en este paso que se verifica que tan bueno es el modelo y se procede o no a aceptarlo.

Para aceptar un modelo de pronóstico, se considera a aquel que tenga el menor error posible, habiendo de antemano seleccionado el más adecuado según los datos que se tengan. El error de pronóstico se expresa adecuadamente en forma estadística como desviación estándar, varianza o desviación absoluta media (DAM) (Ballou, 2004), se lo define como la diferencia entre el valor real y el valor

3.1.4 Selección de un modelo de pronóstico

Actualmente se tienen varios modelos de entre los cuales se puede escoger el más apropiado según los requerimientos de la persona que va a pronosticar. Podemos citar algunos ejemplos de ellos de manera muy breve:

Un modelo de promedios móviles se basa en seleccionar o un número consecutivo de datos y obtener un promedio aritmético o ponderado, donde los datos escogidos eliminan estacionalidad o irregularidad. Es utilizado para un pronóstico a corto plazo.

Un modelo de ajuste o suavización exponencial es similar al anterior, excepto que los datos más recientes reciben una mayor ponderación, dicho de otra

forma, el valor pronóstico ser igual al anterior más una cierta parte del error de pronóstico pasado. Existen otras variantes de suavización como son las doble o triple que son un poco más complejo que el modelo básico. Se utiliza para un pronóstico a corto plazo.

El método de Box Jenkins es un proceso complejo iterativo que se produce mediante un modelo de promedio móvil integrado y auto regresivo, este se ajusta para los factores de tendencia y estacionalidad, y además estima ciertos parámetros apropiados de ponderación, validar el modelo y realizar el ciclo nuevamente según sea lo más apropiado.

Un modelo de descomposición de serie del tiempo es utilizado para descomponer una serie de tiempo en sus componentes estacionales, de tendencia y regularidad. Es muy útil al momento de identificar puntos críticos y además es una muy buena herramienta de pronóstico para el período de mediano y largo plazo es decir entre 3 a 12 meses.

Además existen otros modelos como el modelo econométrico, modelo de regresión, modelo de entrada y salida, filtrado adaptativo, redes neuronales, entre otros.

Para una correcta selección de un modelo de pronósticos se debe de considerar el patrón de datos, horizonte del tiempo y tipo de modelo. Para cualquiera de estos modelos seleccionados existen softwares que nos pueden ayudar a la predicción, entre los cuales podemos mencionar por

ejemplo Excel, Demetra, R, los cuales se seleccionan dependiendo de la cantidad de datos históricos existentes en un problema. Como ayuda para saber cuál es el modelo de pronóstico más adecuado, se presenta a continuación la ilustración 4.

MÉTODO	PATRÓN DE DATOS	HORIZONTE EN EL TIEMPO	TIPO DE MODELO	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE DATOS	
				NO ESTACIONALES	ESTACIONALES
No formales	ST, T, S	S	TS	1	
Promedios simples	ST	S	TS	30	
Promedios móviles	ST	S	TS	4-20	
Atenuación exponencial	ST	S	TS	2	
Atenuación exponencial lineal	T	S	TS	3	
Atenuación exponencial cuadrática	T	S	TS	4	
Atenuación exponencial estacional	S	S	TS		2*L
Filtración adaptiva	S	S	TS		5*L
Regresión simple	T	I	C	10	
Regresión múltiple	C, S	I	C	10*V	
Descomposición clásica	S	S	TS		5*L
Modelos de tendencia exponencial	T	I, L	TS	10	
Ajuste de curva-S	T	I, L	TS	10	
Modelos de Gompertz	T	I, L	TS	10	
Curvas de crecimiento	T	I, L	TS	10	
Census II	S	S	TS		6*L
Box-Jenkins	ST, T, C, S	S	TS	24	J*L
Indicadores principales	C	S	C	24	
Modelos econométricos	C	S	C	30	
Regresión múltiple de series de tiempo	T, S	I, L	C		6*L

Ilustración 4 Selección de una técnica de Pronóstico

Patrón de datos: estacionarios **ST**; con tendencia **T**; estacionales **S**; cíclicos **C**.

Horizonte en el tiempo: **S** corto plazo (menos de tres meses); **I** mediano plazo; **L** largo plazo.

Tipo de modelo: **TS** serie de tiempo; Casual **C**

Estacionales: **L** longitud de la estacionalidad

Para fines de desarrollo del presente documento, se hará un mayor énfasis en el método de atenuación exponencial dada la cantidad de datos existentes de la empresa y el comportamiento de los mismos.

3.1.5 Atenuación o suavización exponencial

El método de atenuación exponencial o conocido como suavización exponencial, consiste en darle una ponderación a los datos, es decir, los datos se encuentran multiplicados por un coeficiente al que llamaremos α . El objetivo de este parámetro α , es darle una mayor ponderación a los datos sucedidos más recientemente y una menor a los que acontecieron a hacer un mayor tiempo atrás.

Según Hanke y Reitsch, la atenuación exponencial es un procedimiento para revisar constantemente un pronóstico a la luz de la experiencia más reciente.

“La clave del análisis es el valor de α . Si se desea que los pronósticos serán estables y sea que no en las variaciones aleatorias, se requiere de un valor de α pequeño. Si se desea una respuesta rápida al cambio real en el patrón de observaciones, resulta más apropiado un valor mayor de α ”. (John E. Hanke).

Ahora bien, el problema es determinar el valor más adecuado de α . Una de las formas conocidas para encontrar dicho valor, es iterando desde $\alpha=0,1$,

$\alpha=0,2$, $\alpha=0,3$ hasta el $\alpha=0,9$, con el objetivo de minimizar el error cuadrático promedio (ECM). Antes de definir el EMC, es necesario mencionar que el error de pronóstico e_t es la diferencia entre el valor real y el pronóstico en un periodo t .

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (1.0)$$

El error cuadrático medio es el promedio de la suma de las diferencias al cuadrado del error de pronóstico en el tiempo t , como se detalla a continuación en la ecuación (1.1):

$$ECM = \left[(Y_1 - \hat{Y}_1)^2 + (Y_2 - \hat{Y}_2)^2 + (Y_3 - \hat{Y}_3)^2 + \dots + (Y_n - \hat{Y}_n)^2 \right] / n$$

$$EMC = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 / n \quad (1.1)$$

Y_t es la observación real sucedida en t periodo

\hat{Y}_t valor suavizado o atenuado anterior

El EMC mientras tenga un menor valor es mejor, puesto que significa que la diferencia entre lo real y lo pronosticado en el tiempo t es muy pequeña, entonces el valor de alfa se escoge cuando se encuentra el menor valor del EMC.

Utilizando el método de atenuación exponencial, podemos encontrar el valor futuro mediante la ecuación (1.2)

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha) \hat{Y}_t \quad (1.2)$$

donde:

\hat{Y}_{t+p} es el valor pronosticado para la siguiente unidad de tiempo.

α es la constante de atenuación que puede estar entre 0 y 1

Y_t es la observación real sucedida en t periodo

\hat{Y}_t valor suavizado o atenuado anterior, o valor promedio de los datos ponderados hasta el periodo anterior

En lo posterior se considerarán estas nomenclaturas de manera estándar.

El primer valor futuro se lo toma de manera general como el promedio de los valores reales presentes.

Simplificando la fórmula (1.2), tenemos:

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha) \hat{Y}_t$$

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t - \alpha \hat{Y}_t + \hat{Y}_t$$

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha (Y_t - \hat{Y}_t) + \hat{Y}_t \quad (1.3)$$

En otras palabras, la atenuación exponencial consiste en la suma del pronóstico anterior más α veces la diferencia entre el valor real anterior y el pronosticado anterior.

Otro parámetro que hay que tener presente es la desviación media absoluta DAM. Esta es la suma de los valores absolutos de los errores de pronósticos, ecuación (1.4)

$$DAM = \frac{\left[\left| Y_1 - \hat{Y}_1 \right| + \left| Y_2 - \hat{Y}_2 \right| + \left| Y_3 - \hat{Y}_3 \right| + \dots + \left| Y_n - \hat{Y}_n \right| \right]}{n}$$

$$DAM = \sum_{t=1}^n \left| Y_t - \hat{Y}_t \right| / n \quad (1.4)$$

El valor del DAM nos dice que tan alejado está el valor pronosticado del valor real, mientras menor sea el valor, mejor es el pronóstico. En el caso de que existan dos valores para α que den como resultado el EMC igual, entonces el valor del DAM nos podría ayudar a escoger el mejor valor de alfa.

El PEMA y el PME son otros dos parámetros que nos ayudan al momento de escoger el mejor valor de alfa y se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$PEMA = \left(\sum_{t=1}^n \frac{\left| Y_t - \hat{Y}_t \right|}{Y_t} \right) / n \quad (1.5)$$

$$PME = \left(\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t) / Y_t \right) / n \quad (1.6)$$

La desviación estándar del error de pronóstico es \sqrt{EMC} . El pronóstico debería presentar una distribución con una media bajo cero. Con esta condición hay una posibilidad del 95% de posibilidad de que la observación real se ubique dentro de dos aproximadamente dos desviaciones estándar del pronóstico o

$$\pm 1,96 \sqrt{EMC} \text{ o,}$$

$$-1,96 \sqrt{EMC} < \hat{Y}_t < 1,96 \sqrt{EMC} \quad (1.7)$$

Si el valor pronosticado sobrepasa el intervalo de confianza (ecuación 1.7), por cualquiera de sus límites, existe motivo para pensar que se debe calcular un nuevo valor de alfa (John E. Hanke).

Con el modelo presentado se puede pronosticar sin problemas cuando estos datos presentan una tendencia que es casi imperceptible, pero cuando existe poca tendencia se presenta problemas en pronosticar, porque no se puede omitir esta información. Para considerar una tendencia se desarrollaron otros modelos de atenuación como el modelo de atenuación exponencial doble o Método de Brown.

3.1.5.1 Modelo de atenuación exponencial doble

El método desarrollado por *Brown* se puede alcanzar siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

A_t valor atenuado de Y_t en t periodo

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)A_{t-1} \quad (1.8)$$

A'_t valor doblemente atenuado de Y_t en t periodo

$$A'_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)A'_{t-1} \quad (1.9)$$

El valor de a se usa para calcular la diferencia entre los valores atenuados

$$a = 2A_t - A'_t \quad (1.10)$$

El valor de b es un cálculo de la pendiente que puede ir cambiando periodo a periodo

$$b = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}(A_t - A'_t) \quad (1.11)$$

La fórmula para encontrar el valor futuro o pronóstico esta dado por:

$$\hat{Y}_{t+p} = a_t + b_t p \quad (1.12)$$

Al igual que en el método anterior, α se estima iterando dicha variable, minimizando el EMC. Este método fue mejorado por Holt dado que su método considera una tendencia notable.

3.1.5.2 Método de atenuación con corrección por tendencia

Este método fue desarrollado por *Holt*, y el proceso alcanzado se detalla a continuación:

Actualización de la serie exponencialmente atenuada

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

Actualización de la estimación de la tendencia

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Pronóstico de un periodo futuro

$$\hat{Y}_{t+p} = A_t + pT_t$$

En donde

β es la constante que atenúa la estimación de la tendencia, y está entre cero y uno'.

P al igual que en modelo anterior, es el periodo a pronosticar.

Y_t es la observación real de la serie

\hat{Y}_{t+p} es el pronóstico en p periodos futuros.

En el desarrollo del presente documento, se aplicarán los dos métodos a los productos para notar la diferencia entre ellos y confirmar la corrección que se da por la tendencia de los datos.

3.2 Clasificación ABC de los productos

En cada empresa se utilizan diferentes productos, cada uno de ellos con sus propias características, por lo tanto, cada uno de ellos necesita de un manejo particular, dependiendo de su importancia en los procesos de la compañía. El pensar que todos los productos se deben controlar de la misma manera, es una visión limitada de la realidad, que implica desgaste y sobrecostos innecesarios.³

El análisis ABC es una manera de clasificar los productos de acuerdo a criterios preestablecidos, la mayor parte de los textos que manejan este tema, toman como criterio el valor de los inventarios y dan porcentajes relativamente arbitrarios para hacer esta clasificación, pero que en general toman como referencia el principio de Pareto o también conocido como la regla del 80-20

³ Fuente: Ratliff, H.D., Rosenthal, A.S., 1983. Order picking in a rectangular warehouse: A solvable case of the traveling salesman problem, Operations Research 31, 507-521.

Este principio es atribuido a Vilfredo Pareto puesto que fue el primero en enunciarlo, según Pareto el 20% de la población ostentaba tener un 80% de algo y el restante 80% de la población también tenía un 20% de ese algo.⁴

En toda empresa productora o comercializadora, se hace necesaria una discriminación de artículos con el fin de determinar de entre los existentes, cuáles son los que por sus características precisan un control más riguroso. Es por esto que se utiliza el principio de Pareto en la Logística, de manera tal que se establece una prioridad a aquellos artículos que tengan una mayor incidencia en alguna variable de la cadena de abastecimiento. Como uno de los tantos ejemplos se podría citar que un 20% de los productos representan un 80% de los ingresos por las ventas, mientras que el 80% restante de los productos, apenas representan un 20% de los ingresos por las ventas.

Como se mencionó antes, este principio da origen a la clasificación ABC de los productos que consiste en clasificar los valores existentes según el grado de importancia que estos representen. Las aplicaciones en la Logística es grande, por ejemplos podemos citar la clasificación de los productos según su índice de rotación en comparación con los ingresos que estos productos generan, o bien, los gastos que se generan por tener una cantidad determinada de productos o quizás los ingresos que se generan por los artículos que se disponen a la venta, etc.

⁴ Referencia tomada de Wikipedia, modificada el 10 de agosto del 2012 a las 21:41

Evidentemente, existirá un pequeño número de productos que tengan un alto coste unitario en comparación con el resto, y de los que normalmente habrá menor existencia. Es en estos productos en los que el control debe ser más riguroso. Pero no sólo es el coste unitario la variable que debe tenerse en cuenta para realizar la discriminación, ya que productos de pequeño coste pero con un fuerte volumen de demanda, pueden hacer que se paralice la fabricación (o la distribución) si no existe disponibilidad de los mismos en el momento oportuno. Así, un buen indicador de la importancia que cada artículo tiene en el almacén es el producto de las dos variables anteriores, esto es, el “ingreso percibido por cada SKU” por su “volumen anual demandado”. Dicho producto nos determina el “valor anual” de cada referencia, y la clasificación que en el almacén debe realizarse para discriminar los productos que precisan de un mayor control, se regirá según este parámetro.

De esta manera obtendremos cuáles han sido los productos más demandados y cuántos productos caen dentro de cada porcentaje (80%, 15% y 5%), a pesar de que estos valores no siempre son iguales.

A continuación se muestra el gráfico de la clasificación ABC según el análisis realizado.

CLASIFICACIÓN	Número	Costo Unit	Demanda	Costo Total	FA %
A	9	111	8561	105545,43	77,0
B	33	437	2102	24609,97	18,0
C	108	1492	501	6925,69	5,1
Total	150	2040	11164	137081,09	100

Tabla 1 Clasificación de productos de la bodega

CAPÍTULO 4

4.1 Metodología del estudio

Para elaborar el diseño de la solución del problema de optimización de espacio vamos a seguir un esquema sincronizado y ordenado de pasos; siendo el punto de partida la predicción de la demanda, luego determinaremos el espacio requerido por cada SKU, seguido por la clasificación ABC de los productos y terminaremos con las iniciativas para mejorar la capacidad de almacenamiento.

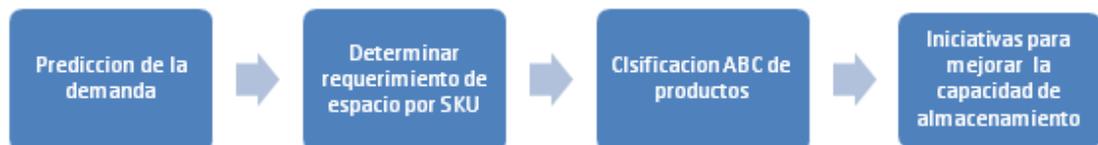


Ilustración 5 Metodología de la Optimización

4.1.1 Metodología:

1. Obtener pronóstico de ventas de cada SKU (Sell out).
2. Calcular el Sell out promedio para cada SKU.
3. Ordenar de mayor a menor los SKU de acuerdo a su Sell out promedio.
4. Obtener los pesos porcentuales del Sell out promedio de cada SKU.
5. Cálculo de tabla de pesos acumulados por SKU.

6. Determinar los productos de alta, mediana y baja rotación, de acuerdo a:

- **Alta Rotación:** [$< 85\%$] de la tabla de pesos acumulados.
- **Mediana Rotación:** [85% al 95%] de la tabla de pesos acumulados.
- **Baja Rotación:** [$> 95\%$] de la tabla de pesos acumulados.

4.2 *Pronóstico de Ventas*

El modelo a utilizar para este pronóstico es el modelo de atenuación exponencial. Se utiliza este modelo dado que los datos proporcionados por la empresa son insuficientes para realizar un modelo de pronóstico más sofisticado y que considere más variables.

Los datos con los que se cuenta es la demanda del mes de Diciembre de los 10 años anteriores, revisando los mismos se puede identificar la existencia de una tendencia creciente. Según este criterio y considerando los pocos datos que se tiene el modelo a utilizares el de HOLT.

Para una mejor demostración de un modelo de BROWN que no considera tendencia y uno de HOLT que si la considera, mostramos a continuación un ejemplo de predicción con uno de los productos.

PR1.1	Dic_2006	Dic_2007	Dic_2008	Dic_2009	Dic_2010	Dic_2011	Dic_2012	Dic_2013
Real	1201,67	1271,67	1388,33	1465,33	1515,50	1544,67	1639,17	0,00
Brown	1227,06	1218,81	1307,67	1461,36	1547,21	1585,05	1595,21	1703,66
Holt	1194,79	1199,52	1263,64	1376,17	1457,53	1511,34	1543,27	1632,37

Tabla 2 Valores de predicciones Holt y Brown

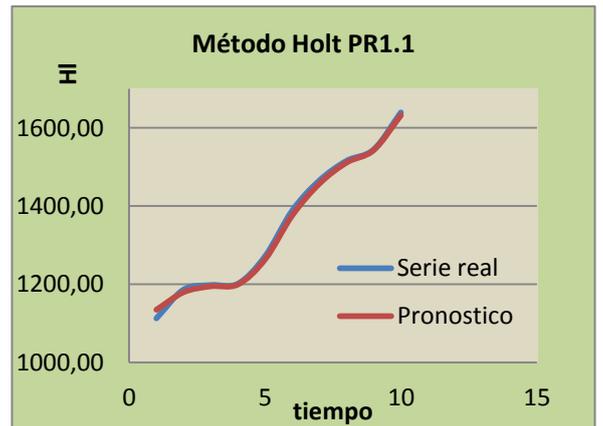
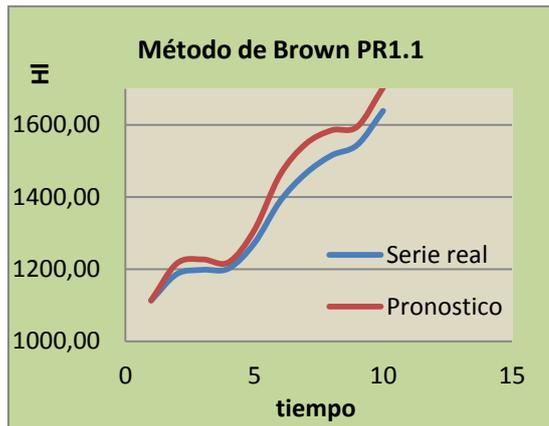


Ilustración 6 Diferencias entre modelo de Brown y Holt

Como se puede apreciar el método de Holt es más preciso para pronosticar que el de Brown, ya que se considera la tendencia creciente de los datos.

Una vez seleccionado el modelo se procede a determinar los valores idóneos para α y β según lo citado en el capítulo 3, son aquellos que nos proporcionan el menor valor para el EMC, DAM, PEMA, PME.

Posterior a esto se valida que los datos obtenidos estén dentro del intervalo de confianza y de ser así se procede a la implementación del modelo. Cabe destacar que hay que realizar este proceso para cada uno de los productos.

Intervalo de confianza	SERIE REAL	1354,5	1424,5	1565,667	1608,833	1743,00	1850,33	2007,83
	PRONOSTICO	1314,71	1352,97	1420,44	1555,55	1608,39	1735,63	1845,99
±197,27	et	39,79292	71,5283	145,2248	53,28738	134,6141	114,702	161,845

Tabla 3 Muestra del EMC y el intervalo de confianza

Una vez obtenido pronóstico de la demanda para el mes de diciembre del año en curso, se procede con el requerimiento de espacios y la clasificación

4.3 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto o también conocido como Curva 80-20, es una representación gráfica de datos combinando dos variables distintas de análisis. Es utilizado en muchas aplicaciones de la vida diaria y puede interpretar un sinnúmero de situaciones en diferentes ciencias, es por eso que es de gran importancia considerarlo en el presente estudio.

Dentro de una bodega puede ser utilizado para analizar el grado de importancia de los productos, podrían considerarse además a las barras del gráfico como las cantidades vendidas durante un periodo, siendo los primeros de izquierda a derecha los de mayor incidencia o bien podría considerarse como aquellos que tuvieron un mayor número de rotación durante un periodo, y la línea continua del diagrama podría representar el ingreso medido en unidades monetarias o quizás representar la rotación obtenida de los productos durante un tiempo determinado.

Para la obtención del diagrama es necesario organizar los datos de forma descendente de izquierda a derecha, luego deben ser representados mediante un gráfico de barras con una línea continua superpuesta que representa la segunda variable de estudio. De esta manera, por medio de este diagrama se permite asignar un orden de prioridades⁵ o darle una mayor atención a ciertos productos.

En este caso, el objeto del análisis del diagrama sería el porcentaje de volumen que ocupan los productos de mayor, mediana y baja rotación vs el porcentaje de productos que representan esa cantidad de volumen ocupado, por ejemplo el 20% de los productos de alta rotación ocupa un 80% del volumen total de la bodega, obteniéndose de esta manera la relación 80-20 que describe el diagrama 6

Para lograr este objetivo lo primordial es conseguir datos estadísticos de ventas de años anteriores que permitan determinar cuál es nivel de rotación de los productos. Estos datos fueron obtenidos mediante entrevistas personales con el departamento de ventas de la bodega.

➤ ⁵Fuente: Ratliff, H.D., Rosenthal, A.S., 1983. Order picking in a rectangular warehouse: A solvable case of the traveling salesman problem, *Operations Research* 31, 507-521.

⁶ El 80% de los ingresos se obtienen del 20% de las ventas de los productos de mayor rotación.

4.4 Requerimiento de espacios

El requerimiento de espacios en la bodega consiste en la determinación de cuantas unidades de almacenamiento deberían ser almacenadas, tomando como parámetro elemental la demanda y los días de cobertura de cada producto⁷

El objetivo de determinar el espacio requerido para los productos es conocer el número de pallets y m^2 para el almacenamiento de productos. Se consideran el HI/ m^2 en promedio de todos los productos y el área del pallet donde éste se estiba, en este caso el pallet posee o $1,25 m^2$ o $1,56m^2$ dependiendo del producto.

Los pasos para conseguir los requerimientos de espacios son:

- Obtener los niveles de inventario [HI.]:
- Fórmula: (Sell out semanal / 6) * Días de cobertura
- Días de cobertura = Política de empresa por SKU;
- Obtener tabla de HI/pallet de cada SKU.
- Determinar m^2 /pallet; considerando áreas de pallets
- Calcular el número de pallets y m^2 cuadrados necesarios para cada SKU, de acuerdo a: • # pallets = $\text{Inventario [HI.] / Área [HI/pallet]}$ y los niveles (3 niveles de altura)

⁷ Fuente: propia

A continuación se muestra una pequeña muestra de los ítems de la empresa con su respectivo inventario promedio, Hectolitro por pallet, los Pallets existentes, los m² /pallets y los m² requeridos para su almacenamiento

Prod. Bulto	H/pallets	m2/pallets	# Pallets	m2 requerido efectivo	m2 requerido total
PR1.3	6,8	1,25	107,00	134,22	74,57
PR1.6	6,67	1,25	109,00	136,73	75,96
PR1.2	5,47	1,56	132,00	205,92	114,40
PR1.9	6,35	1,56	112,00	174,72	97,07
PR1.8	4,23	1,56	167,00	260,52	144,73

Tabla 4 Productos y sus requerimientos

Podemos citar un cálculo como ejemplo:

Si consideramos una proporción de 60/40 para dimensionar el área efectiva y el área destinada a pasillos y áreas de circulación, se tendría:

$$\text{m2 requeridos efectivos} = 1383,98$$

$$\text{m2 requeridos totales} = 1383,98 / 0.60 / 3 = 768,88$$

$$\text{HI. Almacenados} = 19194,98$$

$$\text{Área (HI / m2)} = 19194,98 / 768,88 = \mathbf{24,96 \text{ hl/m}^2}$$

CAPÍTULO 5

5.1 *Obtención de datos*

Para la elaboración de este proyecto la empresa en cuestión nos brindó las facilidades necesarias para la recolección de datos, es más no dieron la apertura necesaria para compartir cierta información de carácter confidencial.⁸

5.2 *Áreas de productos*

Para calcular la ocupación del área de los productos en la bodega procedemos a representar la utilización de cada HI por pallet teniendo en consideración una relación de 60/40 es decir que cada pallet solo posee un 60% de HI de producto, siendo el 40 % el envase del mismo (política de la empresa).

A su vez para el cálculo del índice de rotación de cada artículo se toma en consideración el precio y los costos promedios los cuales han sido tomados por políticas empresariales

➤ ⁸ Fuente: Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A., Trevino, J., 1996.

A continuación se muestra la tabla del requerimiento de espacio por cada producto .El costo unitario; el inventario promedio con la política de la empresa (inventario para 6 días, 2.9 semanas); los HI /pallet mediante la relación de cuanta cantidad de producto puede ingresar el un pallet; también el requerimiento de cada producto en m²

Prod. Bulto	Costo Unit	ventas promedio mensual	Ventas promedio semanal	Inv. 2,98 [HI]	Cost. Total semanal \$	H/pallets	m2/pallets	# Pallets
PR1.3	11	976,53	244,13	727,52	8156,48	6,8	1,25	107,00
PR1.6	12	967,51	241,88	720,79	8803,35	6,67	1,25	109,00
PR1.2	14	962,68	240,67	717,20	10194,55	5,47	1,56	132,00
PR1.9	11	951,81	237,95	709,10	7953,86	6,35	1,56	112,00
PR1.8	12	946,89	236,72	705,43	8619,00	4,23	1,56	167,00
PR1.1	12	945,37	236,34	704,30	8605,43	4,6	1,56	154,00

Tabla 5 Cálculo de área por producto

5.3 Mejorar la capacidad de almacenamiento

A continuación se presentan alternativas propuestas para mejorar la utilización del espacio en la bodega tomando en consideración los cálculos mencionados anteriormente, así como también conocimientos adquiridos en el transcurso del estudio de la carrera.

5.3.1.1 Iniciativas planteadas:

En el grupo A una vez analizado el diseño, infraestructura y cada espacio utilizado en la bodega y consultando las potenciales iniciativas con los

propietarios para implementarlas así como también tomando consideraciones y observaciones de ellos, tenemos:

- Se elimina el pasillo intermedio y se consolidaron los bloques de producto lleno (círculos rojos), este aumento sería de aproximadamente 7 m^2
- Se aumenta una fila a cada bloque de almacenamiento (rectángulo azul), lo cual representa un aumento de 12 m^2 para el almacenamiento
- Reducción del pasillo central en la zona C y D, la cual generará un aumento en área de 175 m^2 . La reducción en este pasillo se efectuará con la finalidad de aumentar el área de almacenamiento, como el pasillo tiene una dimensión de 350 m^2 , donde el largo es de 35 m y el ancho de 10 m , procederemos a reducir el ancho a 5 m , para que el montacargas pueda ingresar sin generar desperdicio de espacio

A continuación mostramos una ilustración de la mejora planteada así como la división del grupo A con una tabla que representa sus respectivas áreas en la empresa

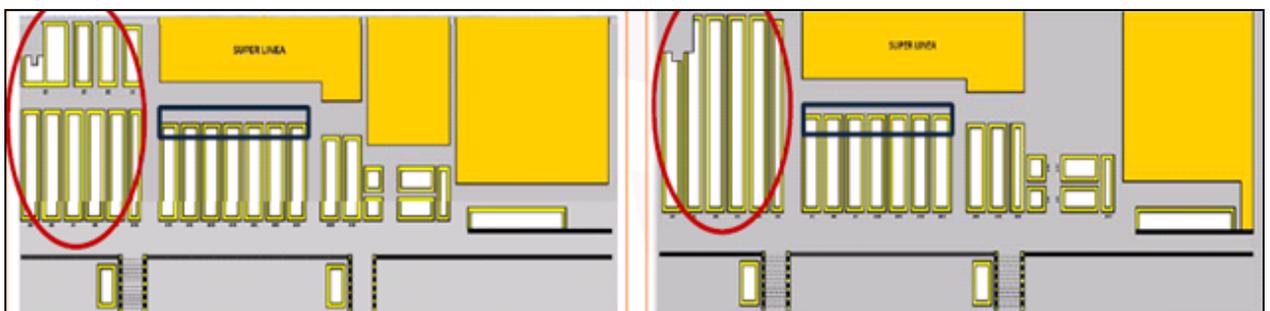


Ilustración 7 Iniciativas plantadas

	Unid	A1	A2	A3	A4	A5	Pasillos
Área Efectiva	m2	160	78,9	24,5	8,6	7,8	30
HL almacén	HL	3993,6	1969,3	611,52	214,65	194,68	
HL/m2 efectivo		24,96	24,96	24,96	24,96	24,96	

Tabla 6 Cantidad de almacenamiento por área actual



Ilustración 8 Pasillo grupo C y D

5.3.1.2 Resultados a obtener:

- La eliminación de los 7m² del pasillo en A1 genera un aumento en el espacio de:

$$7\text{m}^2 \times 24,96 \text{ hl/m}^2 = 174,72 \text{ HL}$$

- Con la reconfiguraciones en A2 , por su parte existirá un aumento 12 m² lo que equivale a un aumento de:

$$12\text{m}^2 \times 24,96 \text{ hl/m}^2 = 299,52 \text{ HL}$$

- Con la disminución del pasillo en el grupo C y D se tendrá:

$$35\text{m}^2 \times 24,96 \text{ hl/m}^2 = 873,6 \text{ HL}$$

5.4 Consideraciones de ubicación de productos

La propuesta para la ubicación de los productos sería:

1. Para minimizar los recorridos de los montacargas, el tiempo de despacho para TL y T3, la ubicación de productos en bodega debe seguir la siguiente lógica:

- Los productos de alta rotación deben estar lo más cerca posible de la zona de despacho, tanto para TL como para T3.
- Los productos de mediana rotación más alejados que los de alta de la zona de despacho; mientras que los baja rotación más alejados que los mediana rotación de la zona de despacho, sin que esto signifique que mientras más se aleja de la zona de despacho se disminuya el control o se tengan complicaciones con el acceso.

2. Se proponen ubicaciones fijas por categoría para los productos, es decir, se define un espacio para cada producto, el mismo que cuando esté vacío, podrá ser utilizado por otro producto de la misma categoría, ya sea A, B o C.

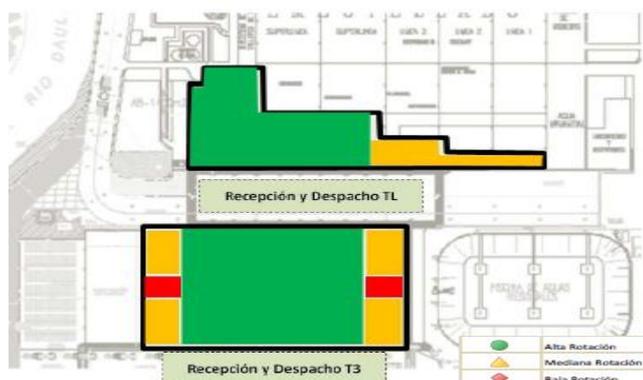


Ilustración 9 Distribución física por rotación

CAPÍTULO 6

6.1 *Resultados obtenidos y análisis de costos*

Con la predicción, calculo de requerimiento y estrategias de mejora planteadas existe un aumento en el espacio de almacenamiento en las propuestas de A1 y A2 de 19m² solo en esta modificación, como sabemos que el almacenaje de cada HL según la empresa es de \$1, existirá un aumento de almacenamiento **474,24 HI** por cada 3 semanas (2,98) es decir anualmente aproximadamente el ahorro será de:

$$474,24 \text{ HI} \times ((52 \text{ semanas/año})/2,98) \times \$1 = \mathbf{\$8275,32.}$$

Para el grupo D y E el cambio también es sustancial ya que con la reducción del pasillo existiría un ahorro anual de:

$$43638 \text{ HL} \times ((52 \text{ semanas/año})/2,98) \times \$1 = \mathbf{\$76220,13}$$

Siendo finalmente el ahorro anual de las propuestas citadas: **\$84495,45**

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La falta de espacio en las bodegas es el principal problema existente en las empresas de almacenamiento o que cuenten con bodegas para almacenar sus propios productos, pero dicho problema puede ser mejorado con la aplicación de algún modelo estadístico para predecir la demanda evitando de esta manera producir en demasía o tener escasez, por otra parte aplicando la teoría ABC para la colocación de productos y calculando la cantidad de producto a almacenar por m^2 se puede tener una mejor perspectiva de que cantidad de espacio es la que se utiliza en la bodega como se realizó en este proyecto.

Entonces se puede enunciar las siguientes conclusiones:

- Mediante la predicción de demanda y optimización de espacio de la bodega, se pudo establecer propuestas de mejora, logrando así un ahorro de **\$84.495,45** al año.
- Con las propuestas establecidas y cálculos realizados se puede no solo minimizar sino terminar con la subcontratación de espacio, ya que en las semanas pico como son las festividades (fin de año,

Navidad, Carnaval, Día de las madres, etc.) la demanda ocasionaba el requerimiento de mayor espacio que éstas generaban.

- Los recursos de la empresa han logrado llegar a un porcentaje de utilización adecuado permitiendo así que los costos operativos sean mejor administrados, así como la rapidez en la preparación de pedidos, debido a la propuesta de ubicación de cada producto por su índice de rotación.

7.2 Recomendaciones

Gracias a este trabajo y mediante el uso de las herramientas tanto técnicas y de análisis, como son las teorías de análisis de costos ABC se pudo obtener resultados que ayudarán a optimizar el espacio físico con la que cuenta la bodega.

El análisis realizado en este trabajo, también demuestra que mediante el uso de estas herramientas se puede mejorar los resultados que se obtienen usando el sentido común, apoyando así las teorías aprendidas en la carrera, resaltando así el inmenso aporte que tiene la Ingeniería en Logística y Transporte por el avance científico y social.

Este proyecto, se pondrá a consideración de las personas involucradas con las decisiones de la empresa, para ser tomado en cuenta y comprobar que los ahorros de espacio y dinero se dan en la vida real.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Giménez, José (2009). Economía de la empresa 2. ISBN 978-84-481-6984-8.
- E A. Silver, D F. Pyke, R. Peterson. Inventory management and production planning and scheduling.
- “Erasmus-Logística warehouse design”. Fecha de consulta: Mayo de 2009. Disponible en: <http://www.fbk.eur.nl/OZ/LOGISTICA>
- PETERSEN II, C. G. An evaluation of order picking routing policies. International Journal of Operations & Production Mana
- R.H. Ballou. Business Logistics/ Supply Chain Management. Planning. Fifth Edition. Prentice Hall, 2004.
- Ratliff, H.D., Rosenthal, A.S., 1983. Order picking in a rectangular warehouse: A solvable case of the traveling salesman
- ROODBERGEN, J. K. Layout and routing methods for warehouses. Thesis (PhD)-Erasmus University Rotterdam, The Netherlands,
- S. Chopra, P. Meindl. Administración de la cadena de Suministro. Tercera Edición, Ed. Prentice Hall, 2006.
- Supply Chain Logistics Management. Ed. McGraw-Hill, 2002.
- Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A., Trevino, J., 1996.
- Vaughan, T.S., Petersen, C.G., 1999. The effect of warehouse crosses aisles on order picking.