

METODOLOGIA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ALMACENES BASADO EN  
LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA PARA EL SECTOR COSMETICO.

*METHODOLOGY FOR SIZING WAREHOUSE BASED ESTIMATING DEMAND FOR  
COSMETIC INDUSTRY.*

ALFREDO MUÑOZ CASTAÑEDA

ASPIRANTE AL TITULO DE ESPECIALIZTA EN LOGISTICA INTEGRAL

CODIGO 9500611

UNIVERSIDAD MILINAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERIA

2014

## **ABSTRAC**

A pesar de la importancia, que se tiene al definir la capacidad o el tamaño del almacén en una compañía, no existe claridad en el uso de metodologías para dimensionar el espacio con relación al producto. Este artículo tiene como objetivo presentar una propuesta orientada al dimensionamiento de los almacenes para el sector cosméticos, presenta inicialmente en el marco teórico una revisión general de la literatura existen frente a este tema, indicándose las diferencias que se van presentando en el estado del arte. Continúa con una breve explicación de los métodos de pronósticos de la demanda y por último con el perfil de producto. Finalmente, se hace un análisis de los resultados y la propuesta de la metodología.

Por lo tanto, se realizó una investigación cualitativa y exploratoria en fuentes primarias, se utilizó una metodología de investigación por medio de entrevistas a través de correos electrónicos, con un tipo de muestreo a juicio para establecer las prácticas empresariales usadas dentro del sector de cosméticos, dando como resultado diferentes metodología para el dimensionamiento de almacenes en donde se incluye variables como pronósticos de ventas, perfil del producto, programación lineal etc. Por último, en la bibliografía hallada no evidencia una metodología estructurada que pueda guiar al líder del proyecto en la definición del tamaño del almacén y reducir la incertidumbre de cómo actuar frente a las características del almacén. En definitiva el planteamiento por el autor de la metodología es básico y deja un planteamiento para futuras investigaciones.

Palabras claves: Dimensionamiento, Almacenes, metodología, sector cosmético.

## **ABSTRAC**

Despite the importance to define the capacity or size of the warehouse in a company, there is no clarity on the use of methodologies for sizing space relative to the product. This article aims to present a forward-sizing warehouse for cosmetics industry proposal, initially it is presented, in the theoretical framework, a general review of the literature existed regarding this issue, indicating the differences that present themselves in the art. It continues with a brief explanation of the methods of demand forecasting and finally the product profile. Finally there is an analysis of the results and the proposed methodology .

Therefore, a qualitative and exploratory research was conducted on primary sources, the research methodology used was through emails interviews , the type of sampling used was judgment, in order to establish the business practices used within the cosmetics industry resulting in different sizing methodology for stores where variables such as sales forecasts, product profile, including linear programming etc. Finally, there is not evidence on the literature reviewed of a structured methodology that can guide the project leader in defining the size of the warehouse and reduce the uncertainty of how to deal with the

characteristics of the store. In fact, the approach by the author of the methodology is basic and leaves an approach for future research

Keywords: Sizing, Warehouse, methodology, cosmetic sector

## INTRODUCCION

La definición del tamaño del almacén es el factor más importante del diseño de una nueva instalación o su ampliación ya que una vez construido se convierte en la restricción más importante de la operación, durante el tiempo proyectado de funcionamiento del almacén para el cual fue diseñado (Ballou,2004).

Dentro de los estudios de viabilidad técnica y financieros del proyecto, es una variable de la que se desprenden especificaciones sobre el tamaño, el terrenos, magnitud del diseño arquitectónico y los equipos e instalaciones necesarios para la operación etc, los cuales impactan directamente en el monto de la inversión. Por lo tanto, de un acertado dimensionamiento del almacén, dependerá el retorno de la inversión y una operación eficiente en términos de costo (Rouwenhorst et al.2000).

Frecuentemente, en nuestro entorno, el dimensionamiento de las necesidades de almacenamiento futuro, no están soportadas debidamente por datos y pronósticos precisos. Por el contrario, se suelen hacer simplificaciones basadas en supuestos y percepciones personales, lo cual conlleva a sobre dimensionamiento o a quedarse cortos en el espacio al corto plazo y en consecuencia mayores gastos de operación (Sabría, 2004).

Las causas de esta falta de análisis pueden estar en el desconocimiento, por parte de las organizaciones, de las herramientas adecuadas para el análisis de datos que permita una proyección sobre necesidades futuras de almacenamiento que soporten el crecimiento a corto, mediano y largo plazo de las organizaciones, en concordancia con el bussines plan de cada empresa (Gu et al. 2010).

La necesidad de espacio de almacenamiento puede ser generada por:

- El crecimiento en las operaciones y volumen de materiales a almacenar generado por un aumento en las ventas o apertura de nuevos mercados (Ballou, 2004).

- Se requiere optimizar el flujo de materiales y de las operaciones al interior del almacén (Tompkins, 2010).
- Por funciones y adquisidores de nuevos negocios donde se requiere centralizar procesos de producción, almacenamiento y de distribución.

## **MARCO TEORICO**

### **Aproximación al dimensionamiento de almacenes**

La primera aproximación en el dimensionamiento de los almacenes fue realizada por Francis (1967), que incluyen varias variables como los costos de construcción y de funcionamiento traduciendo este término en la capacidad de espacio con respecto al suelo a lo largo, ancho y alto; sin tener presente la estructura de pasillo.

Para Levy (1974), la definición del tamaño apropiado del almacén dependerá de la demanda que se prevea más los costos, por lo cual es importante desarrollar una política de inventarios, para disminuir los costos del almacenamiento que se pueden incurrir desde el momento de su construcción para la tenencia del inventario y costo de reposición.

En los años ochenta Bassan et al. (1980) considera que para el dimensionamiento del almacén se debe tener presente la configuración de pasillo; el cual incluye como función objetivo el número óptimo de espacios y estantes necesarios para el almacenamiento.

El trabajo de investigación de este artículo hasta el momento tiene una aproximación sobre lo que ha pasado en la definición del tamaño y del dimensionamiento del almacén como un único almacenamiento por departamento. En la actualidad un almacén puede contener varios departamentos o zonas asignadas para diferentes clases de unidades de inventario (SKU). Por lo anterior estas unidades deben competir por ese espacio a ocupar entre los diferentes departamentos o zonas de almacenamiento, esta determinación de estudios es escasa, por lo que Pliskin & Dori (1982), proponen un método para comparar las asignaciones de espacio alternativo entre los departamentos o zonas de almacenamiento basándose en múltiples atributos.

Rosenblatt & Roll, (1984) al querer relacionar los costos de operación con el dimensionamiento del almacenamiento e incluir la optimización en el modelo de Bassan et al. (1980). Realiza un enfoque de un único mando o un solo departamento, hace que este modelo no sea aplicable al modelo de los almacenes que manejan más de un productos o multiproductos por la diversidad de desplazamientos o varios departamentos.

La definición del tamaño del almacén es una decisión que involucra la parte del planeamiento; de la cual, se desprenden varias actividades que van hacer constantes en el tiempo, afectando la operación de la empresa, por lo cual han existido modelos lineales que

pretenden determinar el dimensionamiento del almacén por medio de la demanda, que puede ser estacional o dinámica para definir la capacidad óptima a construir al paso con el tiempo (Fisk & Hung, 1984).

Un nuevo acercamiento que hace Rosenblatt & Roll, (1988) para definir el efecto del costo operativo con relación al dimensionamiento del almacén en proponer nuevos elementos para evaluar el costo de escasez de almacenamiento, dependiendo de la capacidad y el número de zonas mediante un modelo estocástico, se ve afectada por la cantidad de pedidos, por el número de artículos almacenados y por el promedio de artículos por día; por lo tanto no es aplicable este modelo a almacenes con multiprocesos y actividades que se pueden estar ejecutando al mismo tiempo o en paralelo.

Por otra parte, la capacidad de rendimiento de almacenamiento se ve afectada por las variables de asignación de espacio para almacenar los SKUs y por el rendimiento del sistema de liberar ese espacio; por lo cual Azadivar (1989), propone optimizar el espacio frente a lo anterior entre dos departamentos o zonas de almacenamiento, pero no es eficaz en términos de operación.

Al dimensionar un almacén abarca el análisis de validar algunas zonas como la del almacenamiento de reserva, la cual está directamente relacionada con los costos de almacenar por pie cúbico de espacio y el costo de reposición del inventario, donde se hace una aproximación con un método estocástico para el caso de almacenes con estantería convencional, en donde existe una relación al dimensionar el almacén con el costo de preparación de pedidos (Bhaskaran & Malmberg, 1990).

Nuevamente al validar la política o definición de la relación entre el almacenamiento por pie cúbico, se relaciona como política para la asignación de inventario en un almacén, con el layout de las zonas que con el mismo almacenamiento (Malmberg & Bhaskaran, 1990).

La consideración de un modelo que comprenda la reposición de un inventario con varios productos con un tamaño óptimo de lote y la dimensión del almacenamiento deberán ser parte del análisis de la empresa, donde evalúe, si es mejor arrendar el espacio adicional que se necesita o construirlo debido a los costos totales con respecto a las fluctuaciones de la demanda (Cormier & Gunn, 1996).

En las investigaciones anteriores que se han relacionado, en especial la de Fisk & Hung (1984), en donde modelaban el dimensionamiento por medio de una demanda estática o estacional, vuelve y se retoma la relación de la demanda con el espacio pero esta vez en forma dinámica, en la cual ya no parte de una programación lineal sino por medio de un análisis de algoritmos de flujo de red y relaciona los costos con los procesos de operación pero soportando con programación dinámica (Rao & Rao, 1998).

En su artículo Rouwenhorst et al (2000), indica que el diseño y control de almacenes se debe realizar en tres ejes, el primero es el estratégico donde se encuentra la definición de los flujos de procesos, diseño de zonas, equipos; el segundo es el nivel táctico donde se determina el tamaño y layout de los almacenes, Optimización de las dimensiones del almacén y por último el operativo. Por otra parte, no existe una especificación clara frente al diseño del almacén y mucho menos en el desarrollo del dimensionamiento del almacén; por lo tanto, desglosa una serie de pasos que hacen parte fundamental en el diseño del almacén y que a la vez no se tuviera relación entre estos tres ejes.

En la investigación bibliográfica se ha encontrado una gran brecha entre la investigación académica y la práctica empresarial como también lo indica Chachelson, (2013). Los modelos analíticos se enfocan en problemas bien definidos donde el rendimiento se puede plantear como una función objetivo a maximizar y el conjunto de alternativas es limitado. Sin embargo en la realidad los almacenes actualmente tienen un mayor nivel de complejidad debido al perfil del consumidor que cada vez es más personalizado generando mayores números de SKUs, más pedidos, más pequeños y exigiendo mayor nivel de servicio en el menor tiempo posible (Frazelle, 2002a).

El nivel de dificultad del almacén se puede identificar mediante el perfil de actividades del almacén o Warehouse activity profiling según Frazelle (2002b); donde el principal objetivo es ayudar a buscar la selección de alternativas de diseño que cumplan con las necesidades o requerimientos de cada almacén.

Según Frazelle (2002b), el perfil de actividades del almacén están enmarcados en:

1. El perfil de órdenes del cliente (líneas por orden y cantidad de órdenes).
2. El perfil de referencias (ABC por rotación y características de los productos).
3. El perfil del inventario (SKUs, estacionalidad).
4. El perfil de actividades (Procesos de acondicionamiento del producto).

Según Heragu et al. (2005), la definición de los almacenes es parte fundamental y clave para el desarrollo de la estrategia de la cadena de suministro, ya que en estos están involucradas las diferentes etapas de los distintos procesos como el aprovisionamiento, manipulación de materiales, materias primas, almacenamiento transitorio, almacenamiento para controles de la calidad del producto, almacenamiento de los productos finales o terminados, plataformas logísticas; que son soporte para la diversificación que desarrollan las empresas para cumplir sus objetivos y ser más competitivos.

Lo anterior conlleva a que se realice pronósticos de la demanda de manera más ajustada a las necesidades del mercado, para un mejor control de los inventarios y de esta manera anticiparse a las necesidades de los clientes o consumidores enfocándose en mantener bajos niveles de inventario de producto terminado con un alto nivel de servicio; por lo tanto, el resultado de un sistema de previsión de inventarios es generado por la demanda, dados por

pronósticos que se han modelado de forma correcta. Sin embargo la relación entre los métodos de predicción de la demanda y de los sistemas de control de existencias, no existe una mayor correlación en términos generales al enfoque global que debería tener en cuenta las organizaciones para determinar su demanda con sus costos globales que generan el nivel de servicio y el control de inventarios (Tiacci & Saetta, 2009).

Sin duda, una de las decisiones en el momento de evaluar la necesidad de espacio, diseño del almacén y la evaluación de las diferentes variables que intervienen en el proceso, flujos de operación, la estrategia de almacenamiento que puede ir desde áreas dimensionadas para ciertos productos o Skus, en zonas estratégicas de acuerdo a las características definidas por la empresa y su política en manejo del inventario, dentro del almacén y las que pueden ser almacenadas en cualquier ubicación o zona de almacenamiento; por lo tanto al incurrir en la construcción de un almacén dependiendo del costo del terreno será directamente correlacionado con el costo que se puede generar por almacenar de este; para este tipo de análisis se han hecho por medio de algoritmos envolventes comparados con algoritmos de programación dinámica de referencia, (Venkata & Gajendra, 2008).

Para el diseño del almacén (Gu et al. 2010) se requiere tener presente cinco aspectos importantes como:

1. Determinación de la estructura general del almacén.
2. Definir el tamaño y el dimensionamiento del almacén y sus departamentos.
3. Determinación de los detalles de la distribución dentro de cada departamento.
4. Selección de los equipos para el almacén.
5. Selección de la estrategia operacional.

Como definición del portafolio de productos de una compañía, en cuanto a su tamaño y dimensiones determinan decisiones en relación a la definición de la unidad de almacenamiento y por lo tanto define la dimensión del almacén o almacenes por departamento (Gu et al. 2010).

La relación que enfrentan nuevas investigaciones en definir el diseño del almacén en el cual, se encuentra como hacer el dimensionamiento del almacén; ha conllevado a relacionar las características dimensionales del producto y su tasa de rotación para este fin; sin embargo, este tipo de aportes se han soportado por medio de simulaciones las cuales determinan la correlación o dependencia de estas dos variables combinadas con la asignación de multinivel de estanterías (Chan & Chan, 2011).

Durante la revisión de literatura sobre las metodologías utilizadas para definir el dimensionamiento de almacén, se evidencia que existen varios conceptos que quieren relacionar esta idea con otras variables como son las del terreno, la construcción, la asignación de zonas, los flujos de procesos. A medida que se avanza en la investigación algunos autores comienzan a relacionar los costos de operación con el tamaño y capacidad

del espacio, dada por Francis (1967) y que se retoma pero agregando nuevas variables como la infraestructura de estantería, lotes mínimos de inventarios, alistamiento de órdenes de pedidos con relación al nivel de servicio según la demanda Rao & Rao (1998), los costos de operación; por otra parte el diseño del almacén que involucra el tamaño y/o dimensionamiento del mismo en uno de los cinco pasos señalados por Gu et al. (2010).

El enfoque de este artículo tiene una relación con las siguientes variables que afectan directamente al dimensionamiento del almacén en cuanto a su tamaño y capacidad de almacenamiento como son los Skus, incluido en el perfil del almacén por Frazelle (2002b), y la relación de la demanda con las dimensiones del producto con su tasa de rotación analizados por Chan & Chan, (2011).

Debido al crecimiento y estrategias de mercadeo que llevan a cabo las organizaciones, tienen la necesidad de replantear la capacidad de sus almacenes para poder soportar la demanda en el momento justo, en lugar indicado, con la cantidad solicitada, al precio justo y los Skus pedidos por sus clientes (Pliskin & Dori, 1982).

### **Pronósticos de la demanda**

Los pronóstico de la demanda se clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación. Las técnicas cualitativas son relativas y se basan en estimados y opiniones. El análisis de series de tiempo, se basa en el uso de la información de datos correlacionados a la demanda pasada para predecir la futura, está puede estar influenciada por tendencias, estacionales o cíclicas, las de pronóstico causal, que se analiza utilizando la técnica de la regresión lineal, presume que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en al entorno económico. Los otros modelos de simulación permiten al planeador de la demanda manejar varias suposiciones con referencia a la condición del pronóstico (Francis D. X., 2006),

Para el desarrollo del caso dimensionamiento de almacenes basado en la estimación de la demanda para el sector cosmético se utilizó las técnicas cuantitativas, las cuales se hará una breve descripción y su importancia en la escogencia.

### **Modelos cuantitativos**

Los modelos cuantitativos de pronósticos se apoyan en datos matemáticos que se basan en hechos o datos históricos. Estos modelos suponen que los datos históricos son relevantes para el futuro y de hecho hacen parte de la forma en que se basan los pronósticos de las compañías de este sector, teniendo en cuenta otras variables que cada compañía puede agregar dependiendo de su estrategia de mercado (Heizer & Render, 2004).

**Series de tiempo.** Para pronósticos a corto plazo. Una serie de tiempo es simplemente una lista cronológica de datos históricos, la cual sirve como base para predecir el futuro de manera razonable. Existen varios modelos y métodos de series entre los cuales elegir, y que



incluyen el modelo de la demanda constante, el de la demanda con tendencia y la demanda estacional, lo anterior dependiendo de los datos históricos y del análisis que se debe hacer para tomar el mejor modelo de pronóstico (Bowerman, O'Connell, & Koehler, 2007).

De acuerdo a lo señalado por (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009); indican que los análisis de series de tiempo se pueden realizar con:

**Suavización exponencial.** Es un método de promedio móvil ponderado que permite calcular el promedio de una serie de tiempo, asignando a las demandas mayor ponderación a los datos más recientes conforme los datos se vuelven más antiguos. Para la aplicación de ejercicio se utilizará la suavización doble o denominada holt y suavización triple o Holt Winters:

Suavización doble:

$$FIT_t = F_t + T_t \quad (1)$$

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - FIT_{t-1}) \quad (2)$$

$$T = T_{t-1} + \delta(F_t - FIT_{t-1}) \quad (3)$$

$F_t$  = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

$T_t$  = La tendencia suavizada exponencialmente para el periodo t

$FIT_t$  = El pronóstico incluida la tendencia para el periodo t

$FIT_{t-1}$  = El pronóstico incluida la tendencia hecha para el periodo anterior

$A_{t-1}$  = La demanda real para el periodo anterior

$\alpha$  = Constante de suavización

$\delta$  = Constante de suavización

Suavización Tripe:

Cuando el dato es cercano a 0 es un dato pronosticado, pero si es más cercano a 1 es un dato histórico (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008):.

$$0 < \alpha < 1$$

$$0 < \beta < 1$$

$$0 < \delta < 1$$

$$CI: Y''_1 = Y''_t + |\overline{\Delta t}| \quad (4)$$

$$\text{Dónde: } Y'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) Y'_{t-1} \quad (5)$$

$$Y''_t = \beta Y'_t + (1 - \beta) Y''_{t-1} \quad (6)$$

$$Y'''_t = \delta Y''_t + (1 - \delta) Y'''_{t-1} \quad (7)$$

$Y''_1$  = Condición inicial del primer dato del pronóstico.

$Y''_t$  = Dato histórico observado en el periodo t

$|\Delta t|$  = Promedio de los incrementos en los valores en forma absolutos

$Y'''_t$  = Suavización doble en los datos históricos

$Y''''_t$  = Suavización triple de los datos históricos

**Análisis de regresión.** Es una técnica de ajuste y la más común es la de los mínimos cuadrados. Existe una relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes.

$$\gamma = a + bx \quad (8)$$

$\gamma$  = Variable dependiente calculada mediante la ecuación

$y$  = El punto de datos de la variable dependiente real

$a$  = Secante  $\gamma$

$b$  = Pendiente de la recta

$x$  = Periodo

Ahora se determina a y b:

$$a = +\bar{y} - \bar{x} \quad (9)$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (10)$$

$a$  = Secante y

$b$  = Pendiente de la recta

$\bar{y}$  = Promedio de todas las y

$\bar{x}$  = Promedio de todas las x

$x$  = Valor x de cada punto de datos

$y$  = Valor y de cada punto de datos

$n$  = Número de punto de datos

$\gamma$  = Valor de la variable dependiente calculada con la ecuación de regresión

Error estándar del estimado  $\sum = \frac{\sum_i^n (y_i - \gamma_i)^2}{n-2}$

**Técnicas de auto correlación de dato histórico observado en el periodo T.** Esta técnica nos permite identificar la periodicidad o hallar un patrón de referencia e identificar si los datos presentan componente de tendencia, estacionalidad, cíclicos o fluctuaciones aleatorias.

$$r_k = \frac{\sum (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (11)$$

$r_k$  = Es el coeficiente de Auto correlación de orden K.

$Y_t$  = Es la observación en el periodo t.

$\bar{Y}$  = Es la media de los valores.

Criterios

Si  $r_k$  tiende rápidamente a cero en menos de tres periodos a medida que  $k$  aumenta se habla de una demanda constante.

Si  $r_k$  tiende lentamente a cero a medida que  $k$  aumenta se dice que la demanda que se presenta, es con tendencia en más de tres periodos.

Si  $r_k$  presenta variaciones de salto o múltiplos en más de tres  $r_k$  presenta una demanda con estacionalidad.

### Perfil del producto

Es una de las variables claves para determinar la asignación de espacio como son la unidad mínima, caja, pallet; por lo tanto, los Skus determinan el consumo de espacio en el almacén y son el fundamento para dimensionar sus áreas donde se almacenen (Goetschalckx et al 2002).

Por lo anterior los cálculos para tener presente en el desarrollo del perfil de productos son:

Volumen de la unidad

$$V_U = l * w * h \quad (12)$$

Peso: en kilogramos dato dado por la empresa.

Volumen del empaque.

$$V_{emp} = l * w * h \quad (13)$$

Volumen del pallet en cajas

$$V_{pall} = l * w * h \quad (14)$$

Área del pallet

$$A_P = l * w \quad (15)$$

$l$  = Lado de la unidad definida

$w$  = Ancho de la unidad definida

$h$  = Alto de la unidad definida

$V_U$  = Volumen de la unidad mínima

$V_{emp}$  = Volumen del empaque

$V_{pall}$  = Volumen del pallet

## METODOLOGIA

En el desarrollo del artículo sobre el tema: dimensionamiento de almacenes basados en la estimación de la demanda para el sector cosmético, se realizó una perspectiva de investigación cualitativa con la recolección de la información en fuentes primarias por medio de la revisión bibliográfica en bases de datos virtuales especializadas como Proquest, Journal Store Project, Reaxys y Science Direct Journal, en las cuales se comenzó a buscar artículos especializados por medio del método inductivo que relacionaran el tema de dimensionamiento de almacenes comenzando de lo general desde el diseño, localización de almacenes hasta llegar a lo particular del dimensionamiento del almacén y entrar en detalles como la relación del terreno, infraestructura, volúmenes, rotación del producto etc (Bernal, 2006).

Por otra parte, el tipo de investigación presentada es exploratoria frente al tema de Dimensionamiento de almacenes del sector cosméticos en Bogotá, ya que no se conoce información y no se tiene claridad en la forma en que las empresas toman decisiones para aumentar su capacidad de almacenamiento y no es claro que metodología se usan, para este fin ((Namakforoosh, 2005).

De la misma manera, para establecer las prácticas empresariales usadas dentro del sector de cosméticos; para el dimensionamiento de almacenes; se utilizó una metodología de investigación, por medio de entrevistas a través de correos electrónicos, con el método de muestreo por juicio, donde el grupo objetivo seleccionado fueron seis personas en cargos de gerencia, directores, jefes con experiencia en cadena de suministros y que específicamente participaron o liderado proyectos de definición del diseño, dimensionamiento, layout, flujos de operación del almacén, en la industria cosmética (Kerlinger, 1988)

Las preguntas están enfocadas a:

1. Conocer si las metodologías halladas en la revisión bibliográficas son conocidas y/o utilizadas en la práctica empresarial.
2. Cuáles son los aspectos e información más relevantes que se tienen en cuenta para hacer el dimensionamiento de un almacén; así como la proyección de vida útil de los almacenes.
3. Establecer que herramientas tecnológicas o metodologías se usan para dimensionar el almacén y/o se soportan en consultorías especializadas para la definición del tamaño del almacén.

Finalmente, para plantear el orden metodológico y realizar el dimensionamiento del almacén, se plantea una experimentación de un modelo matemático basado en datos históricos de la demanda de una empresa líder en el sector de cosméticos, en donde se

identificaron los productos que representaban el 75% de las volumen de ventas y del volumen de ocupación del almacén; luego con los anteriores datos se procede a hacer un análisis del componente de la demanda utilizando los coeficientes de correlación; en base a este resultado se procede a pronosticar con las herramientas matemáticas de análisis de series de tiempo (Holt, 2004).

Adicionalmente se realiza el perfil del producto para identificar el volumen de almacenamiento por unidad de embalaje (Pallet de cada uno de los productos). Por último, combinando esta información se calcula un pronóstico de necesidad de espacio de almacenamiento en número de posiciones ((Rushton, Croucher, & Baker, 2010).

## **RESULTADOS Y ANALISIS**

### **ANALISIS DE LA REVISIÓN LITERARIA**

En la revisión bibliográfica se evidencio que existen diferentes perspectivas que abarcan el tema de dimensionamiento de almacén de forma ligera que incluyen cálculos que van desde la programación lineal, algoritmos envolventes, algoritmos dinámicos, métodos estocásticos, problemas de redes, sin presentar con claridad una metodología a desarrollar o aplicar. Sobre todo existe una mayor profundidad en temas de localización, diseño de almacenes, flujos de operación y al contrario con el tema de Dimensionamiento no se hace diferencia con otros conceptos que pueden ser de manejo administrativo, como la eficiencia en costos y gastos de operación, optimización de flujos de procesos, costos de pedido, niveles de servicio etc. Sin embargo algunos autores como Levy (1974), Fisk & Hung (1984), Cormier & Gunn (1996) y (Chan & Chan ( 2011), hacen una aproximación más cercana con la definición del tamaño del almacén y se tocan temas que si infieren con la capacidad de almacenamiento como los pronósticos de la demanda, rotación del producto, perfil del producto, políticas de inventarios, lote óptimo. Principalmente se identificó en la metodología para el diseño del almacén que propone Gu et al. (2010) en sus cinco pasos el tema de dimensionamiento como una variable independiente a evaluar. En síntesis el tema está latente y permite proponer metodologías, métodos para el cálculo del tamaño del almacén a partir del producto.

### **DESARROLLO DE LA EXPERIMENTACION DEL MODELADO MATEMATICO PROPUESTO**

#### **Análisis de Coeficientes de Correlación**

Partiendo de datos históricos de demanda de 2 años provenientes de una compañía Colombiana líder en el sector cosméticos, tomando como muestra tres productos pareto que representan el 75 % del volumen de las venta y del volumen de ocupación del almacén se procede a identificar el componente de la demanda de cada producto, mediante el análisis Rk (Ecuación 11)..

Como se puede observar en las figuras 1, 2 y 3 la autocorrelación arrojo el componente de demanda, para el producto A comportamiento estacional, para los otros dos productos A1 y A2 es de comportamiento con tendencia.

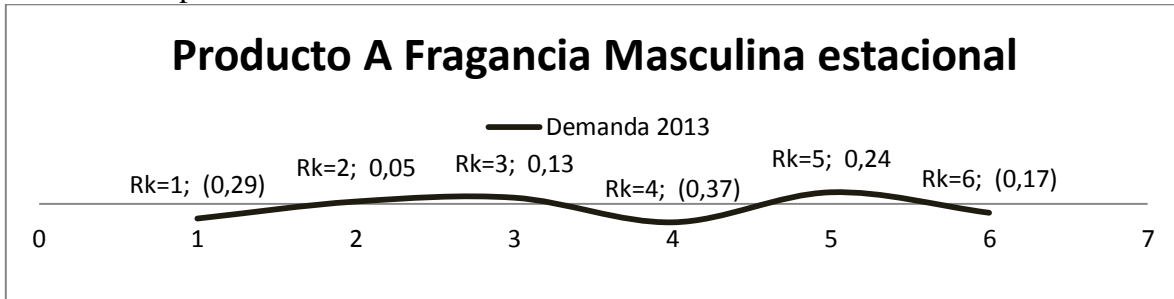


Figura 1. Producto A con tendencia estacional.

Fuente: Original autor.

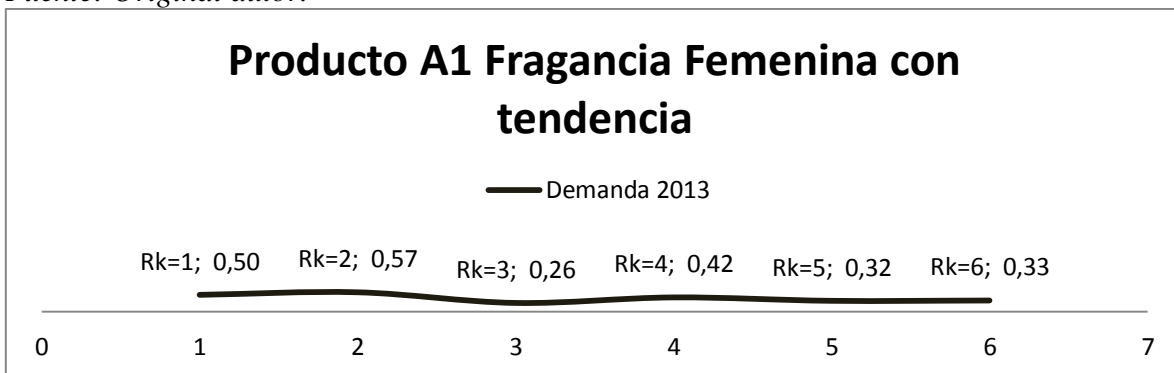


Figura 2. Producto B con tendencia.

Fuente: Original autor.

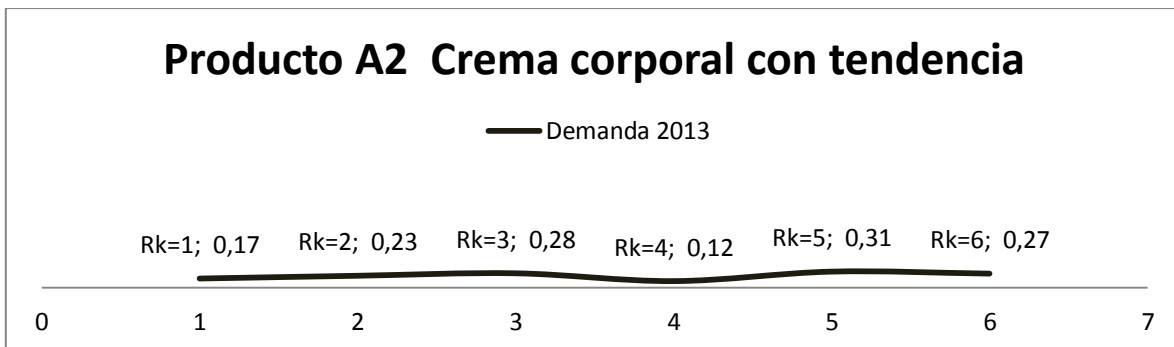


Figura 3. Producto A con tendencia.

Fuente: Original autor.

### Análisis de series de tiempo

Con relación al análisis anterior se observa que existen dos productos con componte de tendencia y uno con componente estacional.

Para los productos con tendencia A1 y A2 se utilizó la regresión lineal y suavización simple y doble. Donde arrojó lo siguiente:

Como se observa en la tabla 1 evaluación del método de pronóstico, para los productos A1 y A2 con los métodos de regresión lineal, suavización simple y doble desde el año 2014 hasta el 2018, el mejor método para calcular la demanda es el de la regresión lineal al presentar menor dispersión, con respecto a los otros dos métodos de suavización simple y doble.

Tabla 1 Evaluación de método de pronóstico

Tipo de Análisis	Producto A1 Error Cuadrático Medio	Producto A2 Error Cuadrático Medio	Año	Método Escogido
Regresión Lineal	39.810	194.315	2.014	x
Suavización simple	58.658	329.701	2.014	
Suavización doble	60.796	346.881	2.014	
Regresión Lineal	39.810	194.315	2.015	x
Suavización simple	47.431	225.272	2.015	
Suavización doble	48.236	228.303	2.015	
Regresión Lineal	39.810	194.316	2.016	x
Suavización simple	47.431	225.272	2.016	
Suavización doble	48.237	228.303	2.016	
Regresión Lineal	39.810	194.316	2.017	x
Suavización simple	47.431	225.272	2.017	
Suavización doble	48.237	228.303	2.017	
Regresión Lineal	39.810	194.316	2.018	x
Suavización simple	47.431	225.272	2.018	
Suavización doble	48.237	228.303	2.018	

Fuente: Elaboración propia.

Para el producto A por tener un comportamiento estacional, se evalúa con el método de suavización triple o Holt-Winter y se asigna para la evaluación de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  un valor de 0,7 para todos los años; ya que no se sabe si hay condiciones de inestabilidad. Por lo cual en la tabla 2 vemos las demandas de este producto para los años de 2014 hasta el 2018.

Tabla 2 Resultado de los pronósticos para la demanda del producto A

Año	2.013	2.014	2.015	2.016	2.018
Demanda	1.637.103	1.915.411	3.020.001	3.480.495	3.865.513

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se relacionan los datos de los pronósticos para la demanda de los productos A1 y A2, ajustado al crecimiento esperado del mercado para los años 2014 al 2018.

**Tabla 3 Resultados de los pronósticos para la demanda de los productos A1 y A2**

Año	2013	2014	2015	2016	2018
Demanda A1	499336	584223,12	589224,74	594218,17	599211,6
Demanda A2	2.339.148	2.736.803	2.760.202	2.783.593	2.806.985

Fuente: Elaboración propia

### Análisis del perfil de producto

En la tabla 4 se muestra los perfiles de los tres productos por unidad y sus resultados con apoyo de la ecuación 12.

**Tabla 4 Perfil del producto por unidad**

TAMAÑO POR UNIDAD EN CM					
SKU O REFERENCIA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	PESO kg	VOLUMEN (cm3) V=l*w*h
Producto A Fragancia Hombre	8	3,3	16	0,3	422
Producto A1 Fragancia Mujer	9,3	5,5	9,5	0,23	486
Producto A2 Crema Corporal	4,2	4,2	17	0,25	236

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se muestra los datos de las unidades que puede contener el empaque y el volumen por caja de cada referencia.

**Tabla 5 Perfil del empaque**

TAMAÑO EMBALAJE CAJA						
SKU O REFERENCIA	UNIDADES POR CAJA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	PESO kg	VOLUMEN (cm3) V_emp=l*w*h
Producto A Fragancia Hombre	70	60	39	24	23	56160
Producto A1 Fragancia Mujer	72	60	39	24	18,56	56160
Producto A2 Crema Corporal	78	60	39	24	21,5	56160

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se muestra los datos de la unidad mayor de almacenamiento dada por el pallet



Tabla 6 Perfil de la unidad mayor de embalaje pallet y su volumen unitario logístico

SKU O REFERENCIA	CAJAS POR PALET	UNIDADES POR PALET (a)	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	PESO (kg)	VOLUMEN (m3) (b) Vpall=l*w*h	VOLUMEN UNITARIO (LOGISTICO) M3 (a)/(b)
Producto A Fragancia Hombre	30	<b>2100</b>	1	1,2	1,6	700	1,92	<b>0,000914286</b>
Producto A1 Fragancia Mujer	30	<b>2160</b>	1	1,2	1,6	567	1,92	<b>0,000888889</b>
Producto A2 Crema Corporal	30	<b>2340</b>	1	1,2	1,6	655	1,92	<b>0,000820513</b>

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en la tabla 7 se muestra el resultado del dimensionamiento de los tres productos para los años de 2014 hasta el 2018 con relación a la demanda. En donde se toman los resultados de las demandas de cada referencia consignados en las tablas 2, 3 y por último se realiza la multiplicación del volumen unitario logístico (tabla 6), con los valores anteriores para saber el número de ubicaciones.

Tabla 7 Dimensionamiento de ubicaciones con relación a los tres productos

Año	2013	2014	2015	2016	2018
Demanda A	1.637.103	1.915.411	3.020.001	3.480.495	3.865.513
Volumen Unit logis A	<b>0,000914286</b>				
N° de Ubicaciones (Volumen Unit logístico X Demanda de A)	<b>1.497</b>	<b>1.751</b>	<b>2.761</b>	<b>3.182</b>	<b>3.534</b>
Demanda A1	499.336	584.223	589.225	594.218	599.212
Volumen Unit logis A1	<b>0,000888889</b>				
N° de Ubicaciones (Volumen Unit logístico X Demanda de A1)	<b>1.455</b>	<b>1.703</b>	<b>2.684</b>	<b>3.094</b>	<b>3.436</b>
Demanda A2	2.339.148	2.736.803	2.760.202	2.783.593	2.806.985
Volumen Unit logis A2	<b>0,000820513</b>				
N° de Ubicaciones (Volumen Unit logístico X Demanda de A2)	<b>1.919</b>	<b>2.246</b>	<b>2.265</b>	<b>2.284</b>	<b>2.303</b>

Fuente: Elaboración propia.

El anterior resultado indica que para el año 2018, si se mantiene la proyección de la demanda, con el nivel de crecimiento, que tiene esta compañía líder en el sector de cosméticos, tendrá que evaluar desde ahora como será la estrategia para crecer en espacio; ya que para este año estará por encima de su capacidad, es decir al 190%.

De lo anterior se concluye que es un ejercicio práctico, el cual se puede llevar a cabo y complementar, agregando más variables como el índice de rotación, crecimiento definido por la empresa en unidades, políticas de inventario, nuevos productos, para ser modelados o simulados y obtener un dato más real de la definición de espacio.

## **ALLAZGOS EN LA ENCUESTA**

En los resultados de las seis encuesta a tres gerentes y a tres directores relacionados con la cadena de suministro, con más de cinco años de experiencia en el tema de dimensionamiento y diseño de almacenes para el sector cosmético, se encontró: que de las cuatro metodologías mencionada en la literatura tan solo un gerente de proyectos conoce la de Baker y Canessa 2009; la cual señala onces pasos que parecieran una lista de chequeo para diseñar almacenes. También se identifica que el 90% de los encuestados han participado en determinar la estructura general del almacén, diseñar el almacén, dimensionar el almacén, definir el layout, selección de equipos, selección de áreas operativas. El promedio de vida útil del almacén es de 6 años, el 70% dicen haber dimensionado para almacenes de producto terminado, el 30% indica que han participado en la definición del tamaño para almacenes de materia prima, material de empaque incluyendo el de producto terminado. En la indicación que metodología usan, el 85% respondió con relación a pronósticos de la demanda, pronósticos de producción, programación lineal, pronósticos de ventas, análisis de capacidad, flujo de proceso, perfil de referencias, perfil de inventarios y participación de personal líder en los procesos. El 50% afirma haber utilizado la ecuación de Bassan para configuración de pasillo. El 100% de los encuestados respondió afirmativamente que utilizaban un tipo de software para realizar simulaciones. Finalmente, el 100% de los encuestados confirman contratar a un tercero, consultor en temas específicos y un 30% indica apoyo del sector o gremio de cosméticos.

## **CONCLUSIONES**

En el acercamiento de la literatura sobre el tema de dimensionamiento son muy pocos los aportes frente a este tema, ya que la mayoría de los aportes están enfocados al diseño del almacén y dejan implícitamente que el dimensionamiento hace parte de un conjunto de variables que van desde el retorno de la inversión del proyecto, la asignación de flujos de procesos, los costos y gastos operacionales, los niveles de servicio, la infraestructura de equipos, números de pedidos, layout, optimización de desplazamientos, lo cual tiende alejar el concepto de dimensionar. Sin embargo se observa como algunos autores como Levy (1974), Fisk & Hung (1984), Cormier & Gunn (1996) y (Chan & Chan ( 2011), comienzan a proponer temas relacionados a la necesidad de espacio como son los pronósticos de la demanda, el perfil del almacén, rotación de producto, políticas de seguridad de inventario, perfil del producto, análisis de crecimiento del mercado y clasificación del inventario. A pesar de encontrar a un solo autor que indica en su metodología sobre diseño de almacenes cinco aspectos claves de los cuales se menciona el dimensionamiento como una variable independiente no es clara la forma de llevarlo a cabo.

Sobre las prácticas empresariales usadas dentro del sector de cosméticos en Bogotá; para el dimensionamiento de almacenes, se encontró que existe una alta variabilidad en la forma de desarrollar la definición del tamaño del almacén, que van desde pronósticos de la demanda, pronósticos de ventas, pronósticos de producción, programación lineal, información sobre

el perfil del producto, análisis de precios, rotación del producto, porcentaje de crecimiento de los SKUs, análisis de históricos de movimientos de productos en sus entradas y salidas; por otra parte el 100% de los encuestados confirma hacer partícipe al personal experto en temas puntuales sobre dimensionamiento de almacenes que van desde producto terminado, material de empaque hasta semielaborado. Por otra parte, tan solo un gerente de proyectos conocía una metodología de las cuatros mencionadas en la literatura, el resto respondió no conocer ninguna. El 100% de los encuestados respondieron apoyarse en consultores externos para temas puntuales, utilizar un programa de simulación. El tiempo de vida útil del almacén proyectado es a seis años. El 50% de los encuestados indican conocer la ecuación que propuso Bassan para la configuración de pasillo y aplicarla.

Continuando, con la propuesta del orden metodológico para realizar el dimensionamiento del almacén basado en la estimación de la demanda en el sector cosméticos, es clave identificar el comportamiento de los datos históricos de las referencias, para luego escoger el mejor método de series de tiempo, luego de trabajar el perfil del producto da como resultado el factor de conversión, el cual es usado para hallar el número de ubicaciones y dimensionar la necesidad de espacio. Sin embargo, esta metodología es práctica para monitorear y ver la necesidad a través del tiempo, pero no contempla otras variables importantes que pueden ayudar a evaluar con mayor probabilidad de certeza a la necesidad de espacio.

De lo anterior, se sugiere seguir con posteriores investigaciones con relación a la capacidad de almacenamiento de acuerdo al inventario, políticas de reaprovisionamiento, la cantidad óptima de producto, evaluación del perfil del inventario, evaluación de productos o números de referencias; que contemplen los patrones de demanda, con políticas de aprovisionamiento, ordenes de pedido, rotación del producto etc.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Azadivar, F. (1989). Optimum allocation of resources between the random access and rack storage spaces in an automated warehousing system. *International Journal of Production Research*, 27, 119-131.
- Baker, P., & Canessa, M. (2009). Warehouse design: A structured approach. *European Journal of Operational Research*, 193(2), 425-436.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministros*. Mexico: Pearson Educación.
- Bassan, Y., Roll, Y., & Rosenblatt, M. J. (1980). Internal layout design of a warehouse. *AIIE TRANSACTIONS*, 12(4), 317-322.
- Bernal Torres , C. A. (2006). *Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y Ciencias sociales (2 ed.)*. Naucalpan: Prentice Hall.
- Bhaskaran, K., & Malmborg, C. J. (1990). Economic tradeoffs in sizing warehouse reserve storage area. *Applied Mathematical Modelling*, 14(7), 381-385.
- Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., & Koehler, A. B. (2007). *Pronósticos, Series de Tiempo Y Regresión: Un Enfoque Aplicado*. Mexico: Cengage Learning Latin America.
- Buffa Spencer, E., & Miller, J. G. (1979). *Production-inventory Systems: Planning and Control*. (I. (. ), Ed.) US: Homewood, III.
- Chachelson, L. C. (2013). *Metodologías de diseño de Almacenes: Fases, Herramientas y mejores prácticas*. Donostia-San sebastian, España.
- Chan, F. T., & Chan, H. K. (2011). Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2686-2700.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros*. Mexico: McGraw-Hill Educación.
- Cormier, G., & Gunn, E. A. (1996). On coordinating warehouse sizing, leasing and inventory policy. *IIE Transactions*, 28, 149-154.
- Fisk, J. C., & Hung, M. S. (1984). Economic sizing of warehouses: A linear programming approach. *Computers & Operations Research*, 11(1), 13-18.

Francis, D. X. (2006). *Elements of Forecasting*. (4, Ed.) United States of America: Cengage Learning.

Francis, R. L. (1967). On Some Problems of Rectangular Warehouse Design and Layout. *Journal of Industrial*, 18, 595-604.

Frazelle, E. (2000b). *World-Class Warehousing and Material Handling*. New York: McGraw- Hill.

Frazelle, E. H. (2002a). *Supply Chain Strategy*. McGraw-Hill.

Goetschalckx, M., McGinnis, L., Sharp, G., Bodner, D., Govindaraj, T., & Huang, K. (2002). Development of a design methodology for warehousing systems: hierarchical framework. *Institute of Industrial Engineers-Publisher*, 1-6.

Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones* (5 ed.). Mexico: Pearson Educacion.

Heragu, S. S., Du, L., Mantel, R. J., & Schuur, P. C. (2005). Mathematical model for warehouse design and product allocation. *International Journal of Production Research*, 43, 327-338.

Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, 20(1), 5-10.

Jinxiang, Goetschalckx, M., & McGinnis, L. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *Elsevier*, 539-549.

Kerlinger, F. N. (1988). *Investigaciones del comportamiento* (2 ed.). McGraw-Hill.

Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor* (8 ed.). Mexico: Prentice Hall.

Levy, J. (1974). The optimal size of a storage facility. *Naval Research Logistics Quarterly*, 21(2), 319-326.

Malmberg, C. J., & Bhaskaran, K. (1990). A revised proof of optimality for the cube-per-order index rule for stored item location. *Applied Mathematical Modelling*, 14(2), 87-95.

Namakforoosh, M. N. (2005). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: Limusa: Grupo Noriega Editores.

Pliskin, J. S. (1982). Ranking alternative warehouse area assignments: A multiattribute approach. *A I I E Transactions*(14), 19-26.

- Pliskin, J. S., & Dori, D. (1982). Ranking Alternative Warehouse Area Assignments: A Multiattribute Approach. *IIE Transactions*, 19-26.
- Rao, A., & Rao, M. (1998). Solution procedures for sizing of warehouses. *European Journal of Operational Research*, 108(1), 16-25.
- Rosenblatt, M. J., & Roll, Y. (1984). Warehouse design with storage policy considerations. *International Journal of Production Research*, 22(5), 809-821.
- Rosenblatt, M. J., & Roll, Y. (1988). Warehouse capacity in a stochastic environment. *International Journal of Production Research*, 26(12), 1847-1851.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm, W. M. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122, 515-533.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G., Mantel, R., & Zijm, W. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122, 515-533.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The Handbook of Logistics & Distribution Management* (4 ed.). Great Britain: Kogan Page Limited.
- Ruston, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *THE HAND BOOK OF LOGISTICS & DISTRIBUTION MANAGEMENT*. London: Konga Page.
- Sabria, F. (2004). La cadena de suministro: un estudio de IESE. ICG Marge: Universidad de Navarra. Instituto de Estudios Superiores de la Empresa.
- Thomas , L. M., & Meller, R. D. (2013). Using Analytical Models to Assess Performance in Overall Warehouse Design. *Industrial and Systems Engineering Research* (págs. 1205-1213). A. Krishnamurthy and W.K.V. Chan,.
- Tiacci, L., & Saetta, S. (2009). An approach to evaluate the impact of interaction between demand forecasting method and stock control policy on the inventory system performances. *International Journal of Production Economics* , 118, 63-71.
- Tompkins, J. A. (2010). *Facilities Planning*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Venkata, R. M., & Gajendra, K. A. (2008). A branch and bound algorithm for class based storage location assignment. *European Journal of Operational Research*, 189(2), 492-507.