

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DEL
ALMACÉN DE COMPONENTES DE UNA EMPRESA DE
COSMÉTICOS VENEZOLANA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Torres Quijada, Gustavo
Para Optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DEL
ALMACÉN DE COMPONENTES DE UNA EMPRESA DE
COSMÉTICOS VENEZOLANA**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Rafael D'Andrea

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Olga Pulido

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Torres Quijada, Gustavo
Para Optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003

Caracas, Diciembre del 2003.

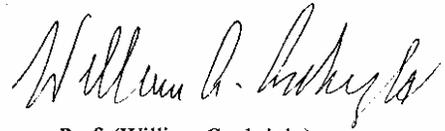
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Gustavo Torres, titulado:

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DEL ALMACÉN
DE COMPONENTES DE UNA EMPRESA DE COSMÉTICOS
VENEZOLANA”**

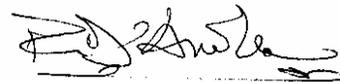
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.



Prof. (Jesuado Areyan)
Jurado



Prof. (William Conkright)
Jurado



Prof. (Rafael D'Andrea)
Tutor Académico

DEDICATORIA

A mis padres, por su guía y por apoyarme en todo momento

A mis hermanos.

AGRADECIMIENTOS

Al Prof. Rafael D'Andrea, por su guía

A la Ing. Olga Pulido, por su ayuda en la elaboración de este trabajo

Al Ing. Antonio Güell, por brindarme una invaluable asesoría

A los Ingenieros y Técnicos que laboran en el departamento de Ingeniería de Planta de la empresa Avon Cosmetics de Venezuela, por brindarme valiosa información

A las personas que laboran en el Almacén de Componentes de la compañía Avon Cosmetics de Venezuela, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo

A Elizabeth Quijada, ya que gracias a ella fue posible realizar esta tesis

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a hacer de este trabajo una realidad

A dios, por estar con nosotros

ÍNDICE GENERAL

	pp.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE GRÁFICOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
CAPÍTULO	
I INTRODUCCIÓN.....	1
Introducción.....	2
Planteamiento del problema.....	4
Objetivos.....	4
RESEÑA HISTÓRICA DE AVON COSMETICS DE VENEZUELA.....	5
II ASPECTOS TEÓRICOS.....	6
1. Relativos al almacenamiento.....	7
2. Sistema contra incendios.....	7
3. Del sistema de ventilación.....	11
4. De la estructura.....	12
5. Método de los mínimos cuadrados.....	15
III ESTUDIO DEL ESPACIO DISPONIBLE.....	17
IV ALTERNATIVAS DE AMPLIACIÓN DEL ALMACÉN.....	22
Propuesta 1. Elevación del techo.....	23
Propuesta 2. Estantes ubicados en forma transversal.....	24
Propuesta 3. Distribución de alta densidad.....	24

Propuesta 3a. Distribución pasillo muy estrecho.....	25
Propuesta 3b. Distribución pasillo muy estrecho ampliando estructura.....	26
Propuesta 3c. Estantes de doble profundidad.....	34
Propuesta 4. Arrendamiento externo.....	35
Propuesta 5. Estantes de doble profundidad más arrendamiento externo.....	37
V CONCLUSIONES.....	39
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS.....	46
ANEXO A. TIPOS DE DISTRIBUCIÓN	
ANEXO B. ESTRUCTURA. DATOS	
ANEXO C. ESTRUCTURA. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS	
ANEXO D. ARRIOSTRAMIENTOS EN X	
ANEXO E. SISTEMA CONTRA INCENDIOS	
ANEXO F. COTIZACIONES	

LISTA DE CUADROS

	pp.
CUADRO	
1 Unidades producidas por la empresa Avon Cosmetics de Venezuela hasta 2001	18.
2 Estimado de producción (productos terminados de la empresa Avon Cosmetics de Venezuela) para los próximos 10 años. Obtenido del Gráfico 1.....	20.
3 Cuantificación del número de racks por niveles.....	23.
4 Totalización de racks por fila y por nivel.....	27.

LISTA DE GRÁFICOS

	pp.
GRÁFICO	
4 Producción de la empresa Avon Cosmetics de Venezuela para un período de 10 años.....	21.
5 Distribución de los estantes (E) en el área ocupada por el almacén una vez rotados 90°.....	24.
6 Distribución pasillo muy estrecho.....	25.
4 Estantes de doble profundidad.....	34.

Torres Q. Gustavo

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DEL ALMACÉN
DE COMPONENTES DE UNA EMPRESA DE COSMÉTICOS
VENEZOLANA**

Tutor Académico: Prof. Ing. Rafael D'Andrea

Tutor Industrial: Ing. Olga Pulido. Tesis. Caracas, U.C.V.

Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Año 2003, 45p.

Expansión, capacidad, reorganización, modificación, estructura, tiempo de respuesta, cargas.

Se estudió la posibilidad de expansión del almacén de componentes de la compañía Avon Cosmetics de Venezuela con la finalidad de aumentar su capacidad, manteniendo a la vez un buen tiempo de respuesta del mismo. Para ello se determinó la capacidad a futuro del almacén a 10 años utilizando los datos de producción de la empresa en el período 1990 – 2001. Una vez que fue establecida la capacidad que debería tener el almacén, fueron planteadas diferentes opciones a fin de establecer la solución más apropiada al problema. A partir de estos estudios se estimó que la propuesta más idónea fue la que involucraba reorganización de los estantes del almacén junto con una modificación en la estructura del mismo (aumento en la altura del techo, cambios en el sistema de ventilación y el sistema contra incendios). Según los resultados que aporta el presente estudio, con estos cambios se alcanzará la capacidad total requerida, manteniendo un tiempo de respuesta aceptable sin perder la selectividad en la mercancía.

La aplicación de la opción antes mencionada implica la necesidad de realizar un estudio del piso de la edificación donde se encuentra el almacén, para determinar si el mismo es capaz de soportar las cargas a las que se verá sometido como producto de las modificaciones en la estructura del almacén de componentes.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción

Podríamos decir que una fábrica es un organismo vivo en el cual el correcto desempeño de cada una de sus partes es fundamental para el buen funcionamiento y operatividad de la misma. En todas las fábricas podemos encontrar como parte constituyente de las mismas uno o varios elementos que vienen a ser los sitios de acumulación o reservorio de cada uno de los productos que se procesan o elaboran en la fábrica, es decir, los ALMACENES. Siendo éstos parte del conjunto, de su correcta operación van a depender aspectos tales como el estado final del producto que llega a manos del consumidor, así como otra parte importante para el consumidor como lo es el precio de dicho producto

En una situación ideal, la materia prima debería ser utilizada en el mismo momento en que ingresa a la fábrica, y todo lo producido por ésta debería igualmente ser colocado en el mercado, eliminándose así la necesidad de los almacenes. Sin embargo esta no es la realidad; factores tales como el retraso en la entrega de materias primas que inciden directamente en el retraso de la producción, los pedidos inesperados de clientes regulares o pedidos de clientes nuevos junto con otros imprevistos, hacen absolutamente indispensable la existencia de ALMACENES donde guardar excedentes de producción así como de materia prima en caso de necesidad.

Es común que en una empresa existan diferentes tipos de almacenes donde se guarda materia prima, productos terminados, productos semiacabados, etc. El “almacén de componentes” de la empresa Avon Cosmetics de Venezuela es el lugar donde se guardan los envases (botellas, jarras, tapas, espejos, aplicadores, etc.) de los productos que fabrica la compañía. Este almacén presenta en la actualidad problemas de espacio, por lo que el propósito fundamental de este estudio consistió en hallar una

propuesta que permitiera aumentar la capacidad de almacenaje, manteniéndose a su vez la operatividad del mismo.

El presente trabajo se estructura en 5 capítulos. El primero corresponde a la introducción y exposición del problema. El segundo capítulo comprende una serie de aspectos teóricos y definiciones de términos. El tercer capítulo corresponde al estudio del espacio disponible. El cuarto capítulo estudia las diferentes propuestas y el quinto y último corresponde a las conclusiones y recomendaciones.

Planteamiento del Problema.

La empresa **AVON COSMETICS DE VENEZUELA** recientemente ha venido experimentando problemas en lo que respecta al almacenaje de los elementos usados para envasar los diferentes productos de su línea (botellas, jarras, espejos, tapas, etc.) (comunicación personal ingeniero Olga Pulido); lo que los ha llevado a la utilización de ciertas áreas adyacentes al “almacén de componentes” cuyo uso está destinado para otros fines, lo cual a futuro traerá otros problemas relacionados con la producción. Nos vimos en la necesidad de realizar un estudio para darle una solución óptima al problema para un período estimado de aproximadamente 10 años, tomando en consideración tanto la capacidad de almacenamiento como el factor económico, dada la magnitud de la inversión.

Dado que la principal limitación para la ampliación del almacén reside en la falta de espacio disponible en las zonas adyacentes al mismo, fue necesario estudiar alternativas de expansión a través del crecimiento vertical, así como el almacenamiento externo mediante el alquiler de locales para tal fin.

Objetivos

Objetivo general

- Estudiar alternativas de ampliación del almacén de componentes de una empresa de cosméticos venezolana.

Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de posiciones necesarias para el almacenamiento de componentes (envases, tapas, etc.), considerando el crecimiento anual de la empresa, con una proyección de por lo menos 10 años.
- Evaluar alternativas de almacenamiento externo.
- Evaluar alternativas de crecimiento interno, para lo cual se hace necesario:
 - Planificar el proyecto estructural de expansión vertical
 - Evaluación económica de la posible inversión
- Presentar alternativas, justificación económica y recomendaciones.

RESEÑA HISTÓRICA DE AVON COSMETICS

En 1886 fue fundada por David McConnell la compañía California Perfume Company, con sede en New York (Estados Unidos). La marca registrada **Avon** apareció por primera vez en los productos en 1928, y para 1939 la compañía se convirtió formalmente en **Avon Products Inc.**

En Venezuela

La empresa **Avon Cosmetics SA** inicia sus operaciones comerciales en la Urbanización Las Acacias, en Caracas, un 24 de septiembre del año 1954. Para el año 1956 **Avon Products Inc** decide establecer su primera subsidiaria en Latinoamérica, escogiendo para este fin a Venezuela. La aceptación y el éxito de **AVON** en el país significó un crecimiento tal que la empresa se vio en la necesidad de mudarse hacia los Ruices en 1958 y a Boleíta Norte en 1967.

En 1983 **AVON COSMETICS DE VENEZUELA** termina la construcción de su nueva planta en un terreno, con una extensión cercana a los 65.000 metros cuadrados, en la población de Guatire (Estado Miranda), frente a la Urb. El Marqués, donde hasta el presente desarrolla sus actividades.

En la actualidad **AVON COSMETICS DE VENEZUELA** cuenta con una extensa línea de productos compuesta por cosméticos, joyería, prendas de vestir y artículos para el hogar, indicativo de que es una empresa en amplio crecimiento; lo cual ha determinado una adaptación de sus instalaciones para ajustarse a dicho crecimiento de manera adecuada a fin de satisfacer la creciente demanda por los productos de su línea. (Avon 40 años de historia. Dirección de recursos humanos. Gerencia de selección y entrenamiento, sin fecha)

CAPÍTULO II

ASPECTOS TEÓRICOS

En este capítulo daremos una definición de los diferentes términos utilizados a lo largo del desarrollo del trabajo y cuyo significado debe ser entendido para la mejor comprensión del mismo. Para ello lo hemos dividido en 5 aspectos:

1. Relativos al almacenamiento

1a. Paleta

El sentido convencional es el de plataforma reforzada a doble cara en madera (Michele C., 1972), sin embargo en este texto cuando se habla de paleta se hace referencia a la plataforma cargada de mercancía.

2a. Posición

Es el espacio físico ocupado en un estante por una paleta.

3a. Rack

Es el término en inglés usado para estante. Cuando en el texto se haga referencia a un rack se está hablando de estante, pero más específicamente a módulos de estantes donde pueden almacenarse dos paletas.

4a. Pick

Es la acción de buscar una paleta en uno de los pasillos del almacén y llevarla afuera de los estantes.

2. Sistema contra incendios

2.1. Sistema de rociadores

Es una parte vital del almacén ya que su objetivo es evitar que haya daños mayores en caso de que ocurra un incendio, y su diseño requiere de un análisis detallado de las condiciones presentes en el edificio donde se va a instalar.

Como componentes del sistema de rociadores tenemos (norma COVENIN 1376:1999):

2.1a. Ramales. Tuberías en las cuales se colocan los rociadores, ya sea directamente o a través de niples de subida.

2.1b. Cabezales. Tuberías que alimentan a los ramales, ya sea directamente o a través de niples de subida.

2.1c. Alimentadores. Tuberías que alimentan a la tubería vertical de alimentación o a los cabezales.

2.1d. Acople flexible para tubería. Un acople o conexión que permite desplazamiento axial, rotación y, por lo menos, un grado de movimiento angular de la tubería sin ocasionar daños a la misma.

2.1e. Alimentador vertical. Tuberías verticales de alimentación en un sistema de rociadores.

2.1f. Aparatos de supervisión. Aparatos dispuestos para supervisar la condición operativa del sistema de rociadores automáticos.

2.1g. Alimentador vertical del sistema (System Riser). La tubería de alimentación arriba de piso, conectada directamente al suministro de agua.

2.2. Tipos de sistemas de rociadores

Según la norma COVENIN 1376:1999, tenemos las siguientes clases

2.2a. Sistema emparrillado. Un sistema de rociadores en el cual cabezales paralelos son conectados por múltiples ramales. Un rociador operando recibirá agua desde ambos extremos de su ramal mientras que otros ramales ayudan a transferir agua entre cabezales.

2.2b. Sistema tipo anillo. Un sistema de rociadores en el cual múltiples cabezales son interconectados, de manera que provean más de una trayectoria de flujo para el agua hacia un rociador en operación, y los ramales no están conectados entre sí.

2.2c. Sistema húmedo. Sistema que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tubería que contiene agua y que, a su vez, se conecta a un suministro de agua, de tal forma que descarga agua inmediatamente después de que un rociador es abierto por el calor del fuego.

2.3. Definiciones de rociadores

Según la norma COVENIN 1376:1999, los podemos agrupar en:

2.3.1. Según su capacidad de respuesta

2.3.1a. Rociador de respuesta rápida. Rociador con una alta capacidad de respuesta térmica, que le permite responder en una etapa temprana al desarrollo del incendio. Estos incluyen rociadores del tipo ESFR, QR, QREC, QRES y rociadores residenciales.

2.3.1b. Rociador de respuesta rápida y supresión temprana (ESFR). Tipo de rociador de respuesta rápida, listado por su capacidad de proveer la supresión de incendio de alto riesgo. Los rociadores ESFR fueron diseñados para responder rápidamente a incendios crecientes y proporcionar una alta descarga para suprimir los mismos en vez de controlarlos. No se puede confiar que estos rociadores proporcionarán protección si son usados fuera de los parámetros de diseño.

Los ESFR son un tipo de rociadores relativamente nuevos que han venido ganando popularidad en los últimos años. La razón de esta popularidad radica en que son más efectivos que los rociadores comunes. Su efectividad se basa en la combinación de tres efectos, a saber:

- **Velocidad.** Los rociadores ESFR pueden detectar el fuego y comenzar a rociar agua en la mitad del tiempo que lo hacen los rociadores convencionales. Si el fuego es combatido prontamente, causará menos daños, teniendo el sistema ESFR mayores probabilidades de extinguirlo, dada su velocidad de respuesta. (Gross & Associates, s.f.).
- **Volumen.** Los rociadores convencionales expulsan agua entre 25 y 30 galones por minuto y los rociadores convencionales de alta descarga (usados con materiales explosivos y peligrosos) expulsan aproximadamente 60 galones por minuto. Los rociadores ESFR expulsan agua a razón de 100 galones por minuto. (Gross & Associates, s.f.).
- **Tamaño de gota.** Los rociadores ESFR descargan gotas de agua más grandes que los rociadores convencionales. Cuando un flujo de agua extra es forzado a través de los rociadores convencionales, ésta sale en forma de neblina, evaporándose un porcentaje mayor que cuando es utilizado un flujo normal. Los rociadores ESFR no sólo expulsan gran cantidad de agua, sino que también es mayor la cantidad de ella que llega al fuego, acelerando así el proceso de extinción. Por lo general los sistemas convencionales no están diseñados para apagar los incendios, sino para prevenir que los mismos se propaguen al humedecer las áreas adyacentes. (Gross & Associates, s.f.).

2.3.2. Según su orientación

2.3.2a. Rociador hacia abajo. Rociador diseñado para instalarse de manera tal que la corriente de agua vaya dirigida hacia abajo, contra el deflector.

2.3.3. Según aplicaciones especiales o el ambiente

2.3.3a. Rociadores de nivel intermedio/Rociadores para almacenamiento en racks. Rociadores equipados con un protector integrado, que protege a sus elementos de operación de la descarga de rociadores instalados en elevaciones más altas.

3. Del sistema de ventilación

Según las normas COVENIN 2250:2000, la ventilación es el método de controlar los contaminantes ambientales en el lugar de trabajo mediante un flujo de aire, y comprende:

3.1. Ventilación por extracción local

Método mediante el cual los contaminantes bajo control son capturados en o cerca del lugar donde son generados o dispersados.

3.2. Ventilación para dilución

Es aquella utilizada para reducir la concentración de contaminantes presentes en el lugar de trabajo antes que alcancen la zona respiratoria del trabajador, mediante su mezcla con aire no contaminado.

3.3 Ventilación para requerimientos respiratorios

Es la ventilación requerida para diluir el dióxido de carbono producido por el cuerpo y proporcionar oxígeno, cuando los contaminantes presentes en el ambiente del lugar de trabajo son originados únicamente por el propio trabajador en actividad moderada.

4. De la estructura

Güell A. (2000) establece que la resistencia teórica, R_t , de la estructura y sus elementos se obtiene, para cada caso, a partir de expresiones normativas basadas en la teoría y el comportamiento observado. La Capacidad Resistente, o simplemente resistencia o capacidad, es dicha resistencia teórica multiplicada por un factor de minoración de resistencia ϕ . La ecuación básica del diseño es:

$$R_u \leq \phi R_t$$

donde R_u es la denominada “demanda de resistencia”, obtenida al combinar las cargas aplicadas, con factores de mayoración apropiados; y a su vez establece:

4.1. Cargas y Combinaciones de Cargas

Las cargas a las que está sometida la estructura se clasifican como:

- CP Carga permanente debida al peso de los elementos estructurales y acabados permanentes de la estructura
- CV Carga variable o carga viva debida al uso y equipos móviles
- W Carga por viento

Las mayores solicitaciones a las que está sometida la estructura pueden darse cuando una o más de las cargas anteriores están presentes simultáneamente, la

norma COVENIN 1618-98 señala que deben estudiarse los casos de cargas mayoradas. En estos casos las cargas especificadas son multiplicadas por factores que las incrementan, sumándose de la siguiente manera

$$\text{Caso 1} = 1,2CP + 1,6CV$$

$$\text{Caso 2} = 1,2CP + 0,5CV \pm 1,3W$$

$$\text{Caso 3} = 1,2CP + 1,6CV \pm 0,8W$$

$$\text{Caso 4} = 0,9CP \pm 1,3W$$

El resultado de estas adiciones se toma como una carga en sí y se estudia su efecto sobre la estructura.

4.2. Factor de Interacción

Cuando un elemento estructural es sometido a fuerzas axiales en su eje principal y fuerzas a flexión al mismo tiempo, el efecto combinado de ambas sollicitaciones puede tomarse en cuenta usando el factor de interacción, el cual esta dado por la siguiente expresión:

$$I = \alpha_N \frac{Na}{\phi Nt} + \alpha_M \frac{Ma}{\phi Mt}$$

En donde

I es el factor de interacción

Na es la fuerza axial mayorada en el miembro

Nt es la resistencia del miembro a fuerza de compresión o tracción

Ma es el momento flector mayorado en el elemento estructural

Mt es la resistencia del miembro a momentos flectores

ϕ es el factor de minoración de resistencia para cada caso. Así por ejemplo $\phi = 0,85$ para compresión y $\phi = 0,90$ para tracción o flexión

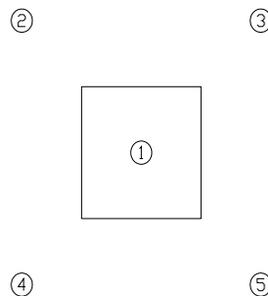
α_N = es el factor modificador de la influencia de la fuerza axial, usualmente $\alpha_N = 1,00$, pero se usa $\alpha_N = 0,50$ cuando $N_a \leq 0,20 \phi N_t$

α_M = es el factor modificador de la influencia del momento flector. Usualmente se utiliza $\alpha_M = 1,00$, excepto cuando $N_a \leq 0,20 \phi N_t$ en donde $\alpha_M = 0,8$

Este factor indica la resistencia del miembro o la estructura a las cargas mencionadas, y debe tener un valor igual o menor que uno (1) para que el elemento o la estructura estudiados sean aceptables.

4.3 Área tributaria

Es un concepto usado en ingeniería civil el cual toma en cuenta la distribución de las cargas entre los diferentes miembros que deben soportar las mismas. Cuando se tienen cargas distribuidas, el área a tomar en cuenta para determinar el peso que soporta un elemento estructural es la mitad de la distancia entre dicho elemento y los miembros adyacentes, siendo distribuida la carga uniformemente.



En el dibujo anterior los círculos representan nodos de una estructura. El cuadrado es el área tributaria del nodo 1 y sus vértices se encuentran ubicados a una distancia que es igual a la mitad de la distancia que hay entre el nodo 1

y los nodos adyacentes, sobre líneas rectas imaginarias que unen al nodo en cuestión con los demás nodos que lo rodean.

4.4. Pórtico

Estructura formada por perfiles de acero que hacen las veces de vigas y columnas. El anexo B.1 es un dibujo de un pórtico en el cual se incluyen las correas de la estructura.

4.5. Correas

Vigas ubicadas en el techo que son utilizadas para unir los pórticos. En el anexo B.1 pueden verse las correas representadas por perfiles IPN140.

5. Método de los mínimos cuadrados

A fin de establecer la producción de la empresa hasta el año 2011 se hizo una extrapolación de la producción, para lo cual se utilizó el método de los mínimos cuadrados. Este método es comúnmente utilizado para obtener un valor representativo de un grupo de datos y representa la media aritmética de dicho grupo. La media tiene dos propiedades matemáticas:

1. La suma algebraica de las desviaciones de los valores individuales (hacia arriba o hacia abajo) con respecto a la media es cero.
2. La suma del cuadrado de las desviaciones de los valores individuales con respecto a la media es mínima.

Usando las propiedades anteriores se puede hallar una recta que es considerada como el mejor ajuste para un conjunto de datos. Esta recta tiene la siguiente ecuación

$$Y_c = a + bX$$

donde las constantes a y b son obtenidas utilizando las siguientes ecuaciones

$$na + b \sum X = \sum Y$$

$$a \sum X + b \sum X^2 = \sum (XY)$$

X e Y representan los datos con los que se obtienen los puntos de la gráfica y n representa el número de puntos obtenidos. El método de los mínimos cuadrados se utiliza para obtener la mejor recta de un grupo de datos y su aplicación más común es para datos distribuidos en años. (Shao S. P., 1979).

5.1 Factor de correlación

Comúnmente se designa con la letra r , y se utiliza como medida para establecer con cuánta exactitud, la recta obtenida utilizando el método de los mínimos cuadrados describe la nube de puntos que se presenta. Su valor está entre ± 1 y cero (0), indicando los valores cercanos a uno (1) un mayor grado de correspondencia entre los datos originales y la recta teórica encontrada. (Shao S. P., 1979).

El factor de correlación se calcula con la siguiente fórmula:

$$r = \sqrt{\frac{\sum (Y_c - \bar{Y})^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

donde

Y_c son los valores encontrados con la ecuación de mínimos cuadrados

\bar{Y} es la media aritmética de los valores de Y

Y es el valor real dado por los datos

CAPÍTULO III

ESTUDIO DEL ESPACIO DIPONIBLE

El establecimiento del tamaño que debe tener el almacén es fundamental para el desarrollo del trabajo. En primera instancia sabemos, por lo considerado en el Capítulo I, que el almacén debía tener capacidad de almacenamiento para un período de 10 años. Hicimos una determinación indirecta del tamaño del mismo usando los datos históricos de producción de la empresa desde el año 1990 hasta el año 2001 (Cuadro 1).

CUADRO 1.

Unidades producidas por la empresa Avon Cosmetics de Venezuela hasta 2001

AÑOS	UNIDADES PRODUCIDAS
1990	20,238,000.00
1991	21,357,000.00
1992	23,186,000.00
1993	24,679,000.00
1994	27,418,622.00
1995	29,271,772.00
1996	33,663,514.00
1997	29,827,492.00
1998	32,699,500.00
1999	29,900,705.00
2000	31,854,515.00
2001	34,927,837.00

A partir de estos datos fue obtenido el Gráfico 1, el cual muestra la curva más representativa para el período determinado (10 años). Al extrapolar dicha curva obtuvimos la producción de la empresa para el año 2012, la cual fue 49 millones de unidades; entendiéndose por unidades el producto terminado (polvo facial, esmalte para uñas, lápiz labial, etc.)

Una vez obtenido el dato anterior se procedió a determinar el tamaño del almacén. Por política de la empresa tomamos una capacidad de almacenamiento para dos (2) meses, (tiempo que se estima que permanece la mercancía en el almacén) por lo cual la producción debe dividirse entre seis (6)

Hay que recordar que el almacén está destinado al almacenamiento de componentes, y que para finalidades de cálculo se deben tomar 6 componentes por cada producto terminado (comunicación personal Ingeniero Olga Pulido), de tal modo que se tienen que almacenar 49 millones de componentes. Es útil señalar que los componentes de los que hemos hablado aquí son los artículos necesarios para envasar los productos de la compañía, tales como: espejos para compactos, tapas, envases, jarras, etc. Una vez que hemos determinado la cantidad de componentes que habría que almacenar (49 millones), procedimos a establecer las posiciones requeridas, es decir el volumen que debe ocupar esta cantidad de componentes en el almacén. Esto representó un problema debido a la gran variedad de productos con los que trabaja la empresa, los cuales no vienen embalados de manera estándar, encontrándose diferencias en la cantidad de componentes presentes en las paletas. Por esta razón, para motivos de cálculo, se asumió un promedio de 6000 unidades/paleta; cifra obtenida al dividir los componentes presentes en el almacén entre el número de paletas asociadas; así tenemos, para el cálculo de las paletas:

$$pallets = \frac{49.000.002 \text{ unidades}}{6000 \text{ unidades/paletas}} = 8166,67 \text{ paletas}$$

Debemos señalar que estas paletas representan códigos de aceptación o rechazo y no siempre tienen el sentido convencional que se les da, ya que se presentan casos en los que una sola caja de un solo componente representa una paleta.

La siguiente fórmula se utilizó para el cálculo de las posiciones requeridas:

$$posiciones = \frac{8166,67 \text{ paletas}}{1,5 \text{ paletas/posición}} = 5444,44 \text{ posiciones}$$

El factor 1,5 paletas/posición fue obtenido al dividir el número de paletas entre las posiciones totales del almacén.

El siguiente paso fue determinar cuánto debe aumentar la capacidad del almacén para satisfacer la demanda futura. La capacidad actual del almacén es de 2248 posiciones y según el cálculo anterior se requieren 5445, por lo que deben agregarse 3197 posiciones, que equivalen a 1599 racks.

Cada ubicación de estos estantes tiene una altura promedio de 1,40 m; 2,50 m de ancho y 1 m de profundidad.

En el siguiente cuadro se presentan las proyecciones de la producción de la empresa para los años 2002 a 2012 obtenidos del gráfico 1.

CUADRO 2

Estimado de producción (productos terminados de la empresa Avon Cosmetics de Venezuela) para los próximos 10 años. Obtenido del Gráfico 1

AÑOS	UNIDADES PRODUCIDAS
2002	36.500.000
2003	37.500.000
2004	38.500.000
2005	40.000.000
2006	41.000.000
2007	42.500.000
2008	44.000.000
2009	45.000.000
2010	46.000.000
2011	47.500.000
2012	49.000.000

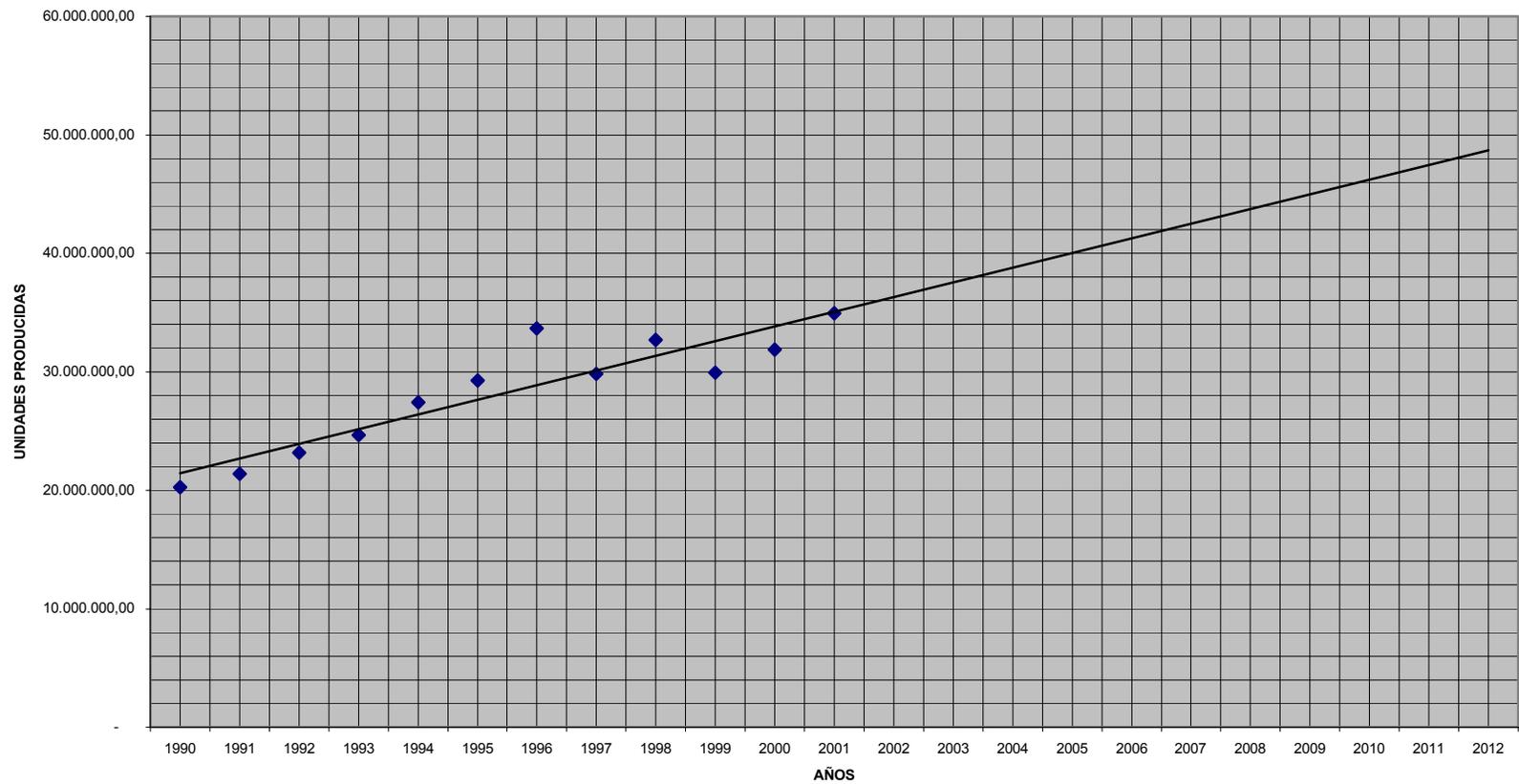


Gráfico 1. Producción de la empresa Avon Cosmetics de Venezuela para un período de 10 años

Dispersión de datos ◆
 Curva teórica _____
 $y = 27 + 16x$
 $r = 0,91$

CAPÍTULO IV

ALTERNATIVAS DE AMPLIACIÓN DEL ALMACÉN

Una vez realizado el estudio relacionado con el espacio disponible, y una vez establecido el número de posiciones, procedimos a formular y analizar una serie de alternativas de solución para el problema del almacenamiento que confronta la empresa, formuladas en forma de propuestas.

Propuesta 1

Elevación del techo

La primera propuesta planteada fue la de dejar la distribución existente actualmente y agregar niveles en sentido vertical, para lo cual se hacía necesario subir el techo. Si la distribución del almacén permanece igual y sólo se añaden niveles, sería necesario agregar 7 niveles a cada fila (Cuadro 3), lo cual dio una altura total de 15,40 m. Los montacargas utilizados en el área de almacén no tienen la capacidad para elevarse a tal altura, por lo que se hizo necesario encontrar otra solución.

CUADRO 3

Cuantificación del número de racks por niveles

racks horizontales	+ 3 niveles	+ 4 niveles	+ 5 niveles	+ 6 niveles	+ 7 niveles
32,00	96,00	128,00	160,00	192,00	224,00
33,00	99,00	132,00	165,00	198,00	231,00
33,00	99,00	132,00	165,00	198,00	231,00
33,00	99,00	132,00	165,00	198,00	231,00
33,00	99,00	132,00	165,00	198,00	231,00
33,00	99,00	132,00	165,00	198,00	231,00
33,00	99,00	132,00	165,00	198,00	231,00
33,00	99,00	132,00	165,00	198,00	231,00
263,00	789,00	1.052,00	1.315,00	1.578,00	1.841,00
Altura (m)	9,8	11,2	12,6	14	15,4

Propuesta 2

Estantes ubicados en forma transversal

En esta opción se planteó rotar los estantes 90° respecto a su posición original, con lo cual se obtiene una distribución como la mostrada en el Gráfico 2. En esta distribución el pasillo principal tiene 6 m de ancho y los pasillos entre las filas de estantes tienen 4,5 m. Dado que en la distribución original teníamos 263 racks por nivel, en tanto que en esta distribución sólo obteníamos 200, esta alternativa no solucionaba el problema ya que se obtenían menos racks por nivel.

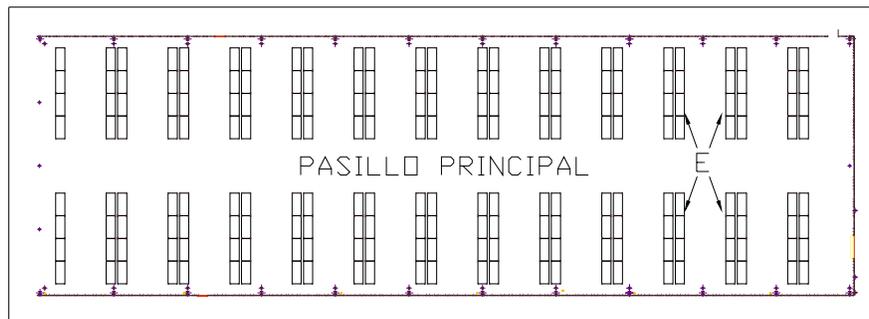


Gráfico 2. Distribución de los estantes (E) en el área ocupada por el almacén una vez rotados 90°

Propuesta 3

Distribución de alta densidad

La tercera opción planteada fue la de utilizar un tipo de distribución denominada de “alta densidad”, en la cual se hace un mejor uso del espacio disponible debido a la reducción o eliminación de los pasillos normalmente usados para cargar y descargar mercancía.

En este tipo de distribución existen diversas variaciones, sin embargo nombramos aquí las opciones más viables para el caso estudiado.

Propuesta 3a.

Distribución pasillo muy estrecho

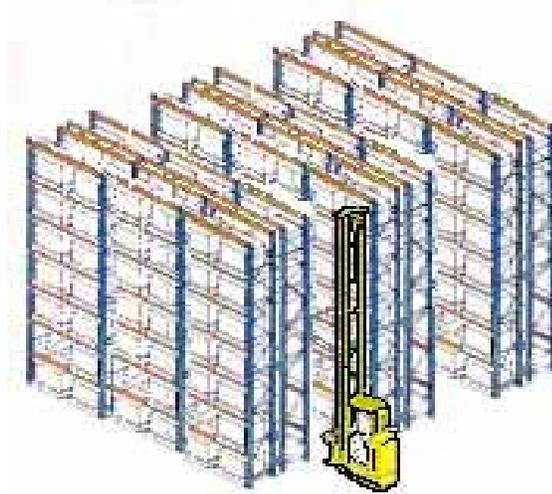


Gráfico 3. Distribución pasillo muy estrecho (tomado de Dexion, s.f.)

La distribución “pasillo muy estrecho” (del inglés Very Narrow Aisle), debido a que se disminuye el ancho de los pasillos por donde circulan los montacargas, conduce a una optimización del espacio sin perder selectividad en la mercancía (anexo A.1) (Piasecki D., 2003). Sin embargo hay que ser cuidadoso al aplicar este tipo de distribución, ya que su implementación puede reducir el nivel de productividad del almacén debido a un aumento en el tiempo utilizado para depositar y extraer la mercancía de los estantes; por lo que se hace necesario tomar ciertas medidas de las cuales hablaremos más adelante. Por otra parte, se deben adquirir montacargas especiales, los cuales son más costosos que los utilizados comúnmente.

Como su nombre lo indica, en la distribución de “pasillo muy estrecho” los pasillos por donde circulan los montacargas son más angostos que los utilizados normalmente en este tipo de almacén, con lo cual aumenta el número actual de ocho

(8) filas de estantes a doce (12), proporcionando un aumento en la capacidad del almacén de aproximadamente 53%.

3a.1. *Costos*

Esta propuesta tiene la ventaja de poder utilizar los estantes ya existentes aunque, según el análisis realizado al respecto, se hace necesaria la adquisición de cuatro (4) filas de estantes de cuatro (4) niveles y sesenta y seis (66) posiciones cada una. El valor de estos estantes alcanza la suma de B^s 250.000,00 (\$ 156,25) por par vertical (según cotización Sismat PR.). Se requerían 34 parales por fila, lo cual hace un total de B^s 34.000.000,00 (\$ 21.250,00). Por otro lado se hace necesaria la adquisición de dos (2) montacargas especiales que puedan operar en este tipo de distribución, cada uno con un valor de B^s 143.216.000,00 (\$ 89.510,00) (Según presupuesto de la compañía Sureca modelo Raymond 80-CSR 40T), para un total de B^s 286.432.000,00 (\$ 179.020,00). El costo total de esta opción se estimó en B^s 320.432.000,00 (\$ 200.270,00).

Es necesario señalar que aunque esta propuesta es viable y proporciona una solución aceptable al problema, observamos que con ella no se alcanza la capacidad que se esperaba para un período de 10 años, la cual como ya habíamos señalado en el capítulo III debía aumentar en 142%, y aquí sólo se consiguió un aumento de 53%, por lo cual buscamos otra alternativa de solución.

Propuesta 3b.

Distribución pasillo muy estrecho ampliando estructura

Como se dijo anteriormente, con “la distribución de pasillo muy estrecho” se optimiza espacio, manteniendo la selectividad de la mercancía; sin embargo, la ganancia obtenida en la capacidad de almacenamiento no es suficiente para satisfacer la demanda para los próximos 10 años.

Como una alternativa de solución al problema se planteó la necesidad de realizar una ampliación del almacén a través de una modificación en su estructura.

Como fue señalado anteriormente, las posiciones requeridas por el almacén a futuro serán de 5445, lo que corresponde con un total de 2723 racks. En el cuadro 4 se presentan los cálculos correspondientes al número de racks por fila, el número de racks agregando los niveles especificados y el total de la suma de todos los niveles. Se puede observar que las filas 6 y 7 difieren de las demás, esto se debe a que estas filas se encuentran en el medio del almacén y poseen un nivel más que las otras.

Como puede observarse en el cuadro, la demanda del almacén se satisface con la opción 7/8 niveles, por lo que se hace necesario elevar el techo del galpón donde funciona el almacén 6 m por encima de la altura actual.

CUADRO 4

Totalización de racks por fila y por nivel.

fila	racks horizontales	4/5 niveles	5/6 niveles	6/7 niveles	7/8 niveles
1	32.00	128.00	160.00	192.00	224.00
2	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
3	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
4	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
5	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
6	33.00	165.00	198.00	231.00	264.00
7	33.00	165.00	198.00	231.00	264.00
8	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
9	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
10	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
11	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
12	33.00	132.00	165.00	198.00	231.00
		1,646.00	2,041.00	2,436.00	2,831.00

Para poder analizar los ajustes en relación al levantamiento del techo, fue necesario realizar estudios en cuanto a: estructura, ventilación y sistema contra

incendios, lo cual detallaremos a continuación a fin de establecer la viabilidad o no de la presente propuesta.

3b.1 *Estudio de la estructura*

En esta propuesta se estimó que todos los estantes debían tener 8 niveles para así aprovechar al máximo el espacio. Para lograr la capacidad requerida en el almacén se hace necesario subirle 6 m a las columnas actuales, para un total en los lados de 12,7 m y una altura de 14,2 m en el centro.

Cuando se va a analizar una estructura debe determinarse su resistencia a los esfuerzos a los cuales será sometida así como la deformación en los miembros que la constituyen.

En el análisis de la estructura original, con la finalidad de determinar los esfuerzos a los cuales está sometida la misma bajo las diferentes cargas individuales así como combinaciones de éstas, fueron utilizados los siguientes valores de cargas dictados por las normas COVENIN:

$CP = 35 \text{ Kg/m}^2$ (depende del peso de los elementos que componen la estructura y demás elementos que debe soportar la misma)

$CV = 40 \text{ Kg/m}^2$ mínimo por normas (norma COVENIN 1618:1998)

$W = 30 \text{ Kg/m}^2$ mínimo por normas (presión en barlovento, succión en techos y sotavento) (norma COVENIN 2003-89)

Ancho tributario = 8 m (igual a la separación entre pórticos)

El análisis determinó que el desplazamiento del nodo 3 (anexo B.3) se encuentra fuera de los límites ($L/200$ en donde L es la longitud del elemento [Güell A., 2000]) (anexo C.1), sin embargo el factor de interacción (ver aspectos teóricos) es más alto de lo debido, pudiendo observarse que dicho factor tiene un valor de 1,45 en las columnas (anexo C.2) y un valor máximo de 3,60 para flexión en las vigas del techo (anexo C.3).

Cuando aplicamos el procedimiento anterior a la estructura modificada (estructura original más 6 m de altura) fue observado un desplazamiento en los nodos que sobrepasa los límites establecidos (anexo C.13). Como era de esperarse también observamos factores de interacción elevados, siendo el mayor factor obtenido de 1,46 para las columnas (anexo C.14) y de 3,21 a flexión para las vigas (anexo C.15), con lo cual quedó demostrado que la estructura modificada no podía soportar las cargas (establecidas por la normas COVENIN) a las que sería sometida. Sin embargo, debido a que se presenta en la construcción un techo sin acceso ni tránsito regular de personas o equipo, se tiene el recurso de disminuir las cargas variables para determinar, mediante nuevos cálculos, la resistencia de la estructura.

Repetimos los cálculos disminuyendo la carga variable. Al analizar los valores para el galpón original se observó que eran aceptables para los diferentes factores de interacción (ver marco teórico) utilizando un CV aproximadamente de 20 Kg/m². En este caso fue obtenido para las columnas un factor de interacción máximo de 1,01 (anexo C.40) y para las vigas de techo un factor a flexión de 0,78 (anexo C.41). En este caso el nodo 3 sigue presentando problemas en cuanto al máximo desplazamiento permitido (anexo C.39).

Analizados los valores para la estructura modificada pudimos observar que el mayor factor de interacción en las columnas fue de 1,00 (anexo C.52) y en las vigas de techo de 1,02 a flexión (anexo C.53). Puede notarse que en este caso se presentan desplazamientos de los nodos que sobrepasan un poco los límites establecidos. El nodo número 2 (anexo B.5) presenta un límite máximo de desplazamiento de 0,0645 m, y puede verse que el mismo tiene un desplazamiento vertical de 0,111029 m (anexo C.51). El nodo número 3 (anexo B.5) tiene un desplazamiento máximo permisible de 0,0704 m, con un desplazamiento de 0,111034 m (anexo C.51). El nodo número 1 (anexo B.5) también presenta problemas de desplazamiento, ya que la mayor distancia que puede desplazarse es 0,0345 m y se observa que en uno de los casos de carga éste se desplaza 0,046934 m (anexo C.51). La resistencia de la estructura modificada, si bien no esta acorde con la norma, se encuentra dentro de límites aceptables.

En el análisis se ha considerado que no existen momentos flectores en las columnas por acciones en el plano perpendicular a los pórticos analizados; se recomienda utilizar arriostramientos en X (anexo D.1), para minimizar efectivamente este efecto.

Debido a que las uniones entre vigas y columnas son empernadas, la expansión puede ser llevada a cabo desarmando el techo completamente para así poder subir las columnas, y sería conveniente utilizar refuerzos en las uniones a la hora de llevar a cabo la ampliación (arriostramientos en X).

3b.2 Sistema de ventilación

Fue propuesto un sistema de ventilación por extracción e inyección de aire. De acuerdo con la norma COVENIN 2250-2000 el número mínimo de renovaciones de aire para este tipo de edificaciones es de 10 cambios por hora (CPH). Como en el interior del recinto no hay fuentes de contaminación, la ocupación no es de un cien por ciento durante las horas laborales y el aire suministrado es principalmente para requerimientos respiratorios, se tomará el valor de 10 CPH como la cantidad necesaria y suficiente de aire que hay que proporcionar al interior del recinto. Con este dato y el volumen final que debe tener el almacén puede calcularse el número de ventiladores necesarios para suplir la cantidad de aire requerida. Sin embargo es necesario prestar importancia a un par de aspectos que pueden influir en el comportamiento esperado de los ventiladores. El primer punto es la ubicación de los mismos. Es importante no colocar extractores muy cerca de las entradas de aire, ya que esto provocaría un corto circuito evitando que haya un flujo apropiado en todo el recinto. Tampoco deben ubicarse los ventiladores y extractores muy cercanos los unos a los otros porque el aire entraría y saldría rápidamente, dejando el resto del recinto sin ventilación. El segundo punto a considerar es el ruido. Debido a que hay personas trabajando permanentemente dentro del edificio es necesario elegir ventiladores que tengan bajas velocidades de rotación, debido a que son menos ruidosos, disminuyendo así los aspectos relativos a la contaminación sónica dentro del recinto (Soler & Palau, s.f.).

El almacén actualmente dispone de seis extractores con una capacidad aproximada de 5.000 PCM (pie cúbico por minuto). Con las modificaciones propuestas, se requeriría desalojar una cantidad de aire igual a 337.568 m³/h, lo que es igual a 198.685 PCM, debiendo adquirirse nueve extractores que, como van a ser colocados en el techo, se requiere que sean de tipo hongo, los cuales no son dañados por la lluvia. En consulta realizada a la empresa FREDIVE, el modelo sería HFP4-36 de 3,6 caballos de fuerza.

Para inyectar aire en el recinto la empresa ya dispone de cuatro ventiladores con aproximadamente 20.000 PCM cada uno. Según nuestro análisis habrían de adquirirse seis ventiladores modelo AFP4-36 de 3,6 caballos de fuerza cada uno de la misma empresa (FREDIVE).

3b.3 Sistema contra incendios

El sistema de rociadores que se encuentra instalado actualmente en el almacén deberá ser cambiado, ya que el mismo presenta ciertas discrepancias con las normas actuales (norma COVENIN 1376:1999). En primer lugar la distancia entre rociadores en un ramal excede a la permitida para el tipo de rociadores que se tienen (ESFR). Así mismo la distancia entre el último rociador de cada ramal y el muro excede la distancia permitida por la norma. Tal vez el aspecto más importante es que hay rociadores ubicados muy cerca de las vigas de techo, las cuales actúan como obstáculos, afectando su desempeño. Este tipo de rociadores es más exigente en cuanto a su operación que los rociadores convencionales cuando son colocados cerca de elementos que disminuyen su rendimiento al interponerse en el flujo de agua.

El sistema propuesto es parecido al que ya se tiene instalado; es un sistema húmedo tipo anillo, con rociadores ESFR orientados hacia abajo. La distribución puede observarse en el anexo E.1.

Según requerimiento de las normas COVENIN 1376:1999 y estándares de la NFPA (National Fire Protection Association), que es el organismo estadounidense encargado en ese país de los asuntos para protección contra incendios, para almacenamientos en racks con altura mayor a 9 m se requiere la instalación de

rociadores en la parte interna de los racks en los niveles intermedios de los mismos. Para el caso que nos compete se tiene previsto utilizar un nivel de rociadores del tipo ESFR, y por motivos de espacio se debe utilizar una tubería pequeña, de ½ pulgada. Estos rociadores pueden estar ubicados en el tercer o cuarto nivel de los racks. La distribución en planta de los mismos puede observarse en los anexos E.2 y E.3.

Como parte de esta propuesta se determinó que para cumplir con los requerimientos de movilización de paletas en el almacén con la modificación en su distribución, se hace necesaria la compra de dos montacargas. Fue propuesto el uso de montacargas Raymond modelo 85-CSR40TT. Según los datos de movimiento de paletas en el almacén, se determinó que se requiere movilizar un promedio de 14 paletas en una hora. Usando los datos en relación con la velocidad del montacargas proporcionada por el fabricante (Raymond Corporation), tenemos que un pick (ver aspectos teóricos) es realizado en aproximadamente 3 min. En condiciones favorables se tendrían 60 picks/hora y 20 picks/hora en condiciones desfavorables, lo cual nos dio un promedio de 40 picks/hora. Como resultado de este análisis, la demanda puede satisfacerse con la compra de un montacargas.

3b.4 *Costos*

El precio de los montacargas es de B^s 198.888.000,00 (\$ 124.305,00) para un total de B^s 397.776.000,00 (\$ 248.610,00) (según presupuesto SURECA modelo 85-CSR40TT).

Los estantes requeridos tienen un valor de B^s 53.261.334,00 (\$ 33.288,3338) (cotización BUSONCA)

El precio de construcción por metro cuadrado para este tipo de edificación es de 220.000,00 B^s/m². Con un área total de 2.464 m² se tiene por concepto de construcción un gasto de B^s 542.080.000,00 (\$ 338.800,00).

Si se utiliza tubería de 2 pulgadas para el sistema de rociadores en el techo se tiene un costo de B^s 130.936,00 por metro de tubería, con 1.039 m el costo total sería de B^s 136.000.000,00 (\$ 85.000,00)

La tubería en los racks tiene una longitud total de 595 m, con un precio por metro de B^s 4.833,00 se tiene un total de B^s 2.872.736,00 (\$ 1.796,00).

Los extractores tipo hongo necesarios tienen un costo de B^s 1.079.000,00 c/u, para un valor total de B^s 9.711.000,00 (\$ 6.070,00) (precio empresa FREDIVE).

Los ventiladores a utilizar tienen un valor de B^s 849.000,00 c/u para un total de B^s 5.094.000,00 (\$ 3.184,00) (cotización FREDIVE).

Los reflectores nuevos a ser utilizadas tienen un valor de B^s 201.664,00 el equipo completo, incluyendo el bombillo. En total se deben usar 51 reflectores, lo que nos da un total de B^s 10.284.864,00 (\$ 6.429,00) (presupuesto Industrias LEGA).

El costo total de esta opción es B^s 1.157.079.934,00 (\$ 723.174,9588).

En nuestra opinión esta es la opción más idónea para solucionar el problema, ya que con ella se obtiene la capacidad deseada para un período de 10 años, manteniendo un buen tiempo de respuesta en el almacén. Como ya hemos discutido, habría que hacer cambios en la estructura, sistema de ventilación y sistema contra incendios. Sin embargo, hay un aspecto que debe ser solucionado a fin de establecer la viabilidad total del proyecto, el cual corresponde al piso del almacén. Debido a que no se tienen planos del piso del área donde se localiza el almacén, es necesario realizar un estudio del mismo a fin de determinar su resistencia y si podría ser capaz de soportar las nuevas condiciones de carga a las que estaría sometido como producto de la ampliación del almacén. El distribuidor de los estantes requeridos para este tipo de ampliación (BUSONCA) recomienda que el piso tenga una resistencia de 40 Kgf/cm². Al analizar los resultados de los cálculos de la estructura se observa que el piso debe tener en el punto de apoyo de las columnas una resistencia de 5.958 Kgf y también debe ser capaz de resistir un momento de 24.262 Kgf.m. (anexo C.58).

Siguiendo con nuestra tónica, daremos a continuación otra posible solución al problema del almacén de componentes.

Propuesta 3c.

Estantes de doble profundidad

En este arreglo se aumentaría el número de filas de 8 a 12 y se disminuiría el número de pasillos de 4 a 3. Debido a que se tiene la misma capacidad por nivel que en la propuesta 3a, el número de niveles totales requerido para la ampliación a largo plazo es igual al de dicha propuesta.

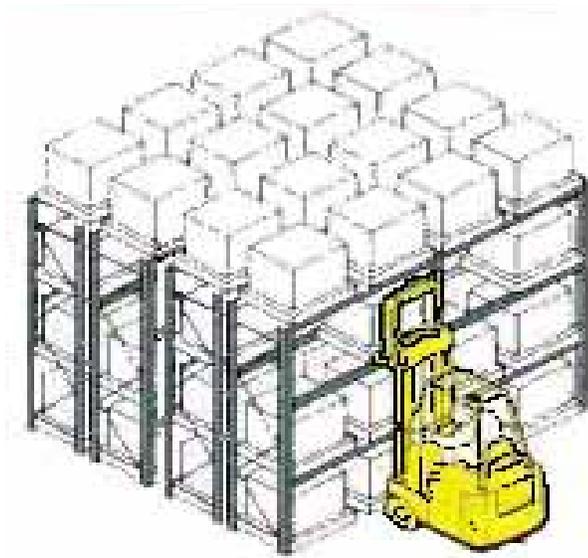


Gráfico 4. Estantes de doble profundidad (tomado de Dexion, s.f.)

Utilizando un tipo de distribución denominado “estantes de doble profundidad” (double deep rack), se optimiza el espacio mediante la eliminación de los pasillos intermedios (anexo A.2); lo cual se logra debido a que los racks tienen el doble de profundidad que un estante común, y por lo tanto pueden almacenarse dos paletas en una posición (Dexion, s.f.). La desventaja de este tipo de distribución es que se pierde cierto grado de selectividad en la mercancía.

Al aplicar este tipo de distribución se obtiene un aumento de 52,67% en la capacidad del almacén para un total de 3432 posiciones dentro de las instalaciones. Para ello es necesario adquirir dos filas de estantes de 4 niveles y dos filas de estantes de 5 niveles con 66 posiciones cada una.

3c.1 *Costos*

Cada paral vertical de los estantes de 4 niveles tiene un valor de B^s 250.000,00 (\$ 156,25), como se necesitan 34 parales por cada fila se tiene un total de B^s 17.000.000 (\$ 10.625,00). Cada paral vertical de los estantes de 5 niveles tiene un valor de B^s 297.000 (\$ 185,6250), como se necesitan 34 parales por cada fila se tiene un total de B^s 20.196.000,00 (\$ 12.622,5). También es necesario adquirir dos nuevos montacargas de doble profundidad con un valor cada uno de B^s 75.467.200,00 (\$ 47.167,00) (cotización SISMAT PR.), para un total de B^s 150.934.400,00 (\$ 94.334,00). El costo total de esta opción es B^s 188.130.400,00 (\$ 117.581,5).

Esta propuesta debe ser descartada debido a que en ella no se obtiene la capacidad requerida para un período de 10 años. Además se presenta el inconveniente de cierto grado de pérdida de selectividad en la mercancía, por lo que este método no es recomendado en almacenes que manejen una gran variedad de materiales como es el caso que nos compete. Debido a la forma de los estantes es aconsejable ubicar las paletas de un mismo producto por pares, lo que haría más rápido el proceso de movimiento de éstas. Sin embargo, debido a esta forma de ubicar las paletas puede producirse un efecto contrario al deseado, presentándose una disminución en lugar de un aumento en la capacidad del almacén (Piasecki D., 2003).

Propuesta 4.

Arrendamiento externo

En esta propuesta nos planteamos el dejar el almacén de componentes tal como está actualmente y rentar una edificación fuera de las instalaciones de la fábrica.

En el caso de que a la empresa no le sea posible la ampliación vertical, ya sea por razones de espacio, estructura o económicas, fue planteada la posibilidad de

rentar un inmueble, fuera de las instalaciones de la empresa, con un área total igual al área necesaria para la ampliación, con la finalidad de satisfacer las necesidades de la misma.

Al considerar el incremento en el tamaño del almacén, una zona para carga y descarga de camiones y el espacio destinado para control de calidad, se estimó que se necesitan aproximadamente 4.000 m².

Por otra parte, se determinó la necesidad de adquirir estantes destinados al almacenamiento de la mercancía. Para almacenar las 3197 paletas restantes se requieren 10 filas de 5 niveles y 66 posiciones cada una.

4.1 Costos

Usando la página www.rentahouse.com fueron consultadas varias propiedades en alquiler en zonas cercanas a la empresa. Alquilar un almacén en una zona cercana a la empresa tiene un costo promedio de 2.928 B^s/m², por lo que el alquiler total sería B^s 12.004.800,00 por mes. En 10 años habría que pagar B^s 2.295.907.138,00 (\$ 1.434.941,9613) considerando un incremento anual del 10%. Como se tiene estimado que se movilizan 116 paletas al día se gastaría B^s 2.011.000,00 promedio diario en transporte, para un total anual de B^s 734.015.000,00 (\$ 458.759,3750). El total para 10 años sería B^s 14.903.233.743,00 (\$ 9.314.521,0894) considerando un incremento de 15% anual. Cada par vertical de los estantes requeridos tiene un valor de B^s 297.000,00 (\$ 185,6250) (cotización SISMAT PR.), como cada fila tiene 34 paralelos se tiene un valor total de B^s 100.980.000,00 (\$ 63.112,5).

El costo total de esta opción es B^s 17.300.120.881,00 (\$ 10.812.575,5506).

La opción presentada en este planteamiento debe ser descartada debido al alto valor de la inversión que hay que realizar, presentándose además otros inconvenientes entre los cuales hay que mencionar: incremento en el precio de los productos de la empresa debido a manejo adicional a que son sometidos los recipientes donde se envasan dichos productos; debido a esta misma razón es posible que se vea afectada la calidad final de los productos que llegan al consumidor; se hace necesario también trasladar personal y equipo al almacén externo para realizar labores de control de

calidad. En la empresa en estudio es importante el tiempo de respuesta del almacén de componentes, y se ha determinado que con un galpón externo el tiempo de respuesta es de hasta dos días, lo cual es inaceptable (comunicación personal Ingeniero Olga Pulido).

Propuesta 5

Estantes de doble profundidad más arrendamiento externo

Aquí se propuso realizar una redistribución del almacén de componentes de manera tal de aumentar al máximo su capacidad actual sin modificar su estructura, y arrendar aparte un galpón externo con la capacidad requerida para la ampliación.

Para la redistribución del almacén fue propuesto utilizar estantes de doble profundidad, ya que esta distribución es más económica que el “arreglo de pasillo muy estrecho” si tomamos en consideración el precio de los montacargas. Con la aplicación de este tipo de distribución se obtiene un rendimiento del 52,67% en la capacidad del almacén con un total de 3.432 posiciones dentro del mismo, para lo cual se hace necesaria la adquisición de dos filas de estantes de 4 niveles y dos filas de estantes de 5 niveles, cada una con 66 posiciones. Se hace necesaria así mismo la compra de dos montacargas de doble profundidad.

La capacidad restante del almacén deberá ubicarse en un almacén externo a las instalaciones de la fábrica. El área aproximada de esta instalación sería de 2.800 m² para la ubicación de 2.013 posiciones, para lo cual habría de adquirirse 7 filas de estantes de 66 posiciones y de 5 niveles cada una.

5.1 Costos

Considerando la redistribución en el almacén actual tenemos que: Cada paral vertical de los estantes de 4 niveles tiene un valor de B^s 250.000,00 (\$ 156,25), como se necesitan 34 paraleles por cada fila se tiene un total de B^s 17.000.000,00 (\$ 10.625,00). Cada paral vertical de los estantes de 5 niveles tiene un valor de B^s 297.000,00 (\$ 185,6250), se necesitan 34 paraleles por cada fila con un total de B^s 20.196.000,00 (\$ 12.622,5). El valor de los montacargas de doble profundidad

es de B^s 75.467.200,00 (\$ 47.167,00), para un total de B^s 150.934.400,00 (\$ 94.334,00) (según presupuesto SISMAT PR.).

La renta mensual de un almacén del tamaño considerado está por el orden de los B^s 8.198.400,00 (\$ 5.124,00). En un período de 10 años se tendría que invertir B^s 1.567.936.582,00 (\$ 12.082,124) en renta, tomando en consideración un incremento anual del 10%. El precio por paral vertical de los estantes es de B^s 297.000,00 (\$ 185,6250) (presupuesto SISMAT PR.), como se necesitan 34 paraleles por cada fila, obtenemos un costo de B^s 70.686.000,00 (\$ 44.178,75).

Al igual que en la propuesta 4, se asumió que se movilizarán 116 paletas al día, lo cual nos da un gasto en transporte para 10 años de B^s 14.903.233.743,00 (\$ 9.314.521,0894), asumiendo un incremento de 15% anual.

El costo total de esta opción es B^s 16.729.986.725,00 (\$ 10.456.241,7031).

Dado que esta propuesta es un híbrido entre las propuestas 3c (estantes de doble profundidad) y la 4 (arrendamiento externo), presenta los inconvenientes ya mencionados para estas dos opciones, además de un costo por inversión bastante elevado. Pero tiene la ventaja de ofrecer una ampliación inmediata en la capacidad del almacén sin interrumpir las actividades del mismo, con la posibilidad de demorar el arrendamiento de un espacio exterior a la empresa por un tiempo; esto con base en un aumento en la capacidad actual del almacén (aproximadamente 53%) sólo con la redistribución de los estantes.

De todas las opciones presentadas, la que cumple con los requisitos de espacio exigidos por la empresa, manteniendo la operatividad así como la capacidad de respuesta del almacén es la propuesta 3b (distribución pasillo muy estrecho ampliando la estructura). Sin embargo para poder hacer los cambios requeridos por esta propuesta es necesario primero hacer un estudio del piso del galpón, para determinar si el mismo es capaz de soportar las cargas a las que será sometido como producto de la ampliación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

De todas las opciones presentadas para la ampliación, la que satisface las necesidades a futuro de la empresa, sin comprometer la operatividad del almacén, es la opción 3b: Distribución pasillo muy estrecho ampliando la estructura. Esta propuesta permite alcanzar la capacidad requerida manteniendo la selectividad de la mercancía, lo cual no es posible con otro tipo de distribuciones como por ejemplo el “arreglo de estantes de doble profundidad”, además de proporcionar al almacén una buena capacidad de respuesta.

Desde el punto de vista de la estructura, esta opción es viable ya que si bien se observa que la estructura no es capaz de soportar las cargas vivas mínimas especificadas por las normas COVENIN, este tipo de cargas no tienen en este caso específico tanta importancia, debido a que el techo del galpón no tiene tránsito de personas o maquinaria, siendo conveniente utilizar arriostramientos en forma de X para darle un poco más de rigidez a la estructura y evitar desplazamientos en el plano perpendicular a los pórticos.

Para ampliar la estructura, el sistema de rociadores de techo también debe ser cambiado. En los planos del sistema actual puede observarse que los rociadores de techo exceden el límite permitido por la norma COVENIN vigente para la distancia entre rociadores sobre un mismo ramal. Sin embargo lo que más preocupa es la cercanía de ciertos ramales a las vigas de techo, las cuales actúan como obstrucción, impidiendo el correcto funcionamiento de los rociadores que se desea instalar, dejando zonas prácticamente sin protección. Los rociadores que actualmente tiene el almacén, y cuyo uso a su vez nosotros recomendamos, son los denominados rociadores ESFR, los cuales son más propensos a que su desempeño sea afectado por

obstáculos que los rociadores comunes. Según la norma COVENIN, debido a la altura que desea alcanzarse en esta edificación, es necesario además instalar rociadores dentro de los estantes, los cuales proporcionarán protección adicional.

En cuanto al sistema de ventilación, es necesario añadir a la vez ventiladores que inyecten aire al recinto y extractores que realicen el trabajo contrario. En este punto hay que señalar que la forma en la cual están ubicados los extractores y ventiladores en el almacén actual es incorrecta. Los ventiladores se encuentran ubicados en una de las paredes laterales del almacén muy cercanos al techo, y los extractores se encuentran ubicados en el techo del galpón en su parte central. Esto trae como consecuencia que se cree una corriente de aire que circula solamente por el techo en una de las mitades del almacén. Para que un sistema de ventilación sea efectivo debe barrer la mayor cantidad de espacio posible, por lo que se recomienda distribuir los ventiladores en el techo a lo ancho del edificio en la parte de entrada, y distribuir los extractores de manera similar en la parte posterior del edificio, dejando la mayor separación posible entre unos y otros.

RECOMENDACIONES

La primera recomendación es llevar a cabo un estudio del piso del almacén para determinar si el mismo puede soportar las cargas a las que será sometido una vez realizada la ampliación de la estructura del almacén de componentes.

En la “distribución de pasillo muy estrecho” hay ciertos detalles que deben ser tomados en cuenta para que el almacén mantenga su productividad, entre los cuales cabe mencionar: asignar un operador de montacargas a un grupo de pasillos, de manera que éste sea responsable por la movilización de paletas en los pasillos que le sean asignados. Establecer puntos de carga y descarga de paletas que sirvan como transición entre los montacargas para pasillo muy estrecho y los convencionales. La distribución de pasillo muy estrecho puede ser mejorada zonificando los productos; siempre es mejor colocar la mercancía de mayor rotación en los niveles más bajos de los estantes en vez de colocarla hacia la parte frontal de los pasillos (no siempre se tiene claro que un montacargas va más lento cuando el mástil es ascendido) (Logistics Simulation, s.f.).

En el caso de que la ampliación pueda llevarse a cabo, es necesario verificar que la bomba contra incendios funcione eficientemente bajo las nuevas condiciones de operación. También es necesario concientizar a los operadores de los montacargas en relación a los rociadores ubicados en el interior de los estantes, ya que estos aspersores pueden ser activados accidentalmente si son golpeados, causando daños en la mercancía y percances debido a las reparaciones que habría que realizar.

La distribución de ventiladores y extractores es aconsejable que se haga de acuerdo a lo especificado.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. Norma 2003-89
Acciones del viento sobre las construcciones. Caracas: Fondonorma. (1989).

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. Norma 1618:1998
Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites (1^{ra} revisión). Caracas: Fondonorma (1998).

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. Norma 1376:1999
Extinción de incendios en edificaciones. Sistema fijo de extinción con agua. Rociadores. Caracas: Fondonorma (1999)

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. Norma 2250:2000
Ventilación de los lugares de trabajo. Caracas: Fondonorma (2000)

Güell, A. (2000). *Guía para el diseño de estructuras de acero por estados límites*.
Caracas: Universidad Central de Venezuela.

Michele, C. (1972). *Organización del almacén* (J. Escriu, Trads.). Barcelona, España:
Hispano Europea.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *NFPA 231 Standard for general storage 1995 edition*.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *NFPA 231C Standard for rack storage of materials 1995 edition*.

Shao, S. P. (1979). *Estadística para economistas y administradores de empresas*. (R. M. Madrigal, Trads.). México: Herrero Hermanos.

Dexion. (s.f.). *Keylock Pallet storage systems* [Documento en línea]. Disponible: <http://dexioncentre.com.au/palletrackingright.html> [Consulta: 2003, Abril 18]

Gross & Associates. (s.f.). *Can an ESFR sprinkler system keep you from getting soaked?* [Documento en línea]. Disponible: <http://grossassociates.com/articles/esfr.htm> [Consulta: 2003, Abril 4]

Logistics Simulation. (s.f.). *VNA Experiences* [Documento en línea]. Disponible: http://www.logsim.co.uk/vna_ex.htm [Consulta: 2002, Diciembre 18]

Piasecki, D. (2003, 23 de Mayo). *The Aisle Width Decision* [Documento en línea]. Inventoryops.com. Disponible: <http://inventoryops.com/Aisle%20Width.htm> [Consulta: 2002, Diciembre 17]

Soler & Palau. (s.f.). [Página web en línea]. Disponible: <http://www.solerpalau.com/index2.html> [Consulta: 2003, Mayo 1]