



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**OPTIMIZACIÓN DE EMPAQUES DE CARTÓN CORRUGADO A
TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**Julio Mortimer Gaitan Ovalle
Asesorado por: Ing. Roberto Valle González**

Guatemala, septiembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE EMPAQUES DE CARTÓN CORRUGADO A
TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JULIO MORTIMER GAITAN OVALLE

ASESORADO POR: Ing. Roberto Valle González

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Inga. Maria Eugenia Aguilar Bobadilla
EXAMINADOR	Ing. Edwin Danilo Gonzalez Trejo
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Acu Castillo
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OPTIMIZACIÓN DE EMPAQUES DE CARTÓN CORRUGADO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de Junio del 2004.

Julio Mortimer Gaitan Ovalle.

DEDICATORIA

A Sonia Ovalle, mi madre, por su cuidado y sus sabios consejos durante estos años. Eres una bendición de Dios en mi camino, has sido y serás siempre un pilar importante en mi formación. Te agradezco el apoyo sin límite que me has brindado y el ejemplo de esfuerzo y de excelencia que me has enseñado. Que Dios te bendiga grandemente.

AGRADECIMIENTO

A:

Dios porque sin Él nada somos.

Mis padres: Julio Gaitan y Sonia Ovalle por el apoyo durante toda mi vida.

Mis hermanos: Karina y Job Gaitan Ovalle por su continuo soporte.

Una amiga: Ana Miriam Hidalgo (Q.E.P.D.) por su ayuda en la realización de este trabajo.

Y a todas las personas que, en una u otra forma, me proporcionaron su valiosa colaboración para realizar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VI
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII

1. MARCO CONCEPTUAL: EVOLUCIÓN Y USO DE EMPAQUES DE CARTÓN CORRUGADO

1.1. La industria del cartón corrugado.....	1
1.1.1. El empaque de cartón corrugado funcionalidad.....	2
1.1.2. Cualidades del cartón corrugado.....	2
1.1.3. Factores esenciales del cartón corrugado	3
1.2. Transformación del cartón corrugado.....	3
1.2.1. Definición.....	3
1.2.2. Principios de fabricación.....	4
1.2.3. Tecnología de fabricación.....	7
1.3. Propiedades del cartón corrugado según exigencias requeridas.....	12
1.3.1. Aptitud para contener	12
1.3.2. Exigencias de tipo mecánico.....	14
1.3.3. Exigencias de tipo físicas.....	17
1.3.4. Exigencias dimensionales.....	17
1.3.5. Exigencias por la utilización.....	18
1.4. Evolución de pruebas de resistencia del cartón corrugado.....	19

1.4.1. El mullen como prueba a la explosión lateral.....	19
1.4.2. Pruebas de compresión de resistencia a la estiba(ECT).....	20
1.4.3. Prueba de compresión vertical (BCT).....	22
2. SITUACIÓN ACTUAL: EVALUACIÓN DEL PROYECTO	
2.1 Ingeniería de empaque situación actual.....	26
2.1.1. Organigrama del departamento.....	27
2.1.2. Funciones del personal.....	28
2.1.3. Laboratorio de empaque	29
2.2. Principales problemas con empaques de cartón corrugado.....	30
2.2.1. Principales problemas en área de empolinado	30
2.2.2. Principales problemas con resistencia a la estiba.....	33
2.2.3. Principales problemas en área de transporte.....	35
3. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS A LA COMPRESIÓN DE EMPAQUES DE CARTÓN CORRUGADO	
3.1. Metodología a utilizar para evaluación	39
3.1.1. Criterios para elección de listado corrugados a evaluar.....	40
3.1.2. Muestreo de corrugados	40
3.1.3. Tabla de datos y condiciones de prueba.....	41
3.2. Resultados de pruebas a la compresión vertical	44
3.2.1. Tablas con resultados de pruebas de resistencia a la compresión	44
3.2.2. Cálculo de resistencias requeridas.....	46
3.2.3. Resistencia real versus resistencia requerida.....	52
4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	
4.1. Evaluación de datos resistencia	55
4.1.1. Análisis de empaques de cartón corrugado con resistencia por debajo de lo requerido.....	56

4.1.2. Análisis de empaques de cartón corrugado con resistencia por arriba de lo requerido.....	58
4.1.3. Cálculo del costo del empaque de cartón corrugado.....	59
4.1.4. Posibles costos o ahorros por cambio de resistencia.....	60
4.2. Pruebas de transporte.....	61
4.2.1. Procedimiento de pruebas de transporte.....	62
4.2.2. Puntos a evaluar en prueba de transporte.....	62
4.2.3. Reportes de pruebas de transporte.....	63
4.2.4. Evaluación de reportes de pruebas de transporte.....	64
5. MEJORA CONTINUA Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	
5.1. Nuevos empaques de cartón corrugado.....	65
5.1.1. Puntos de aprendizaje.....	65
5.1.2. Herramientas del sistema.....	66
5.1.3. Nuevo procedimiento de diseño a la compresión vertical.....	67
5.2. Plan para implementación.....	68
5.2.1. Tabla con listado de corrugados pendientes de cambio.....	68
5.2.2. Revisión de tiempos de implementación.....	69
5.2.3. Asignación de tareas para implementación.....	70
5.3. Auditorías periódicas de desempeño	70
5.3.1. Responsable de auditorias de desempeño.....	72
5.3.2. Puntos a evaluar en auditorias.....	72
5.3.3. Comunicación de resultados.....	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS... ..	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Esquemas de la fabricación de una caja de solapas.....	6
2. Esquema de la fabricación de una caja de solapas.....	10
3. Presentación esquemática de un embalaje	16
4. Organigrama departamento de empaque.....	27
5. Patrón de paletizado	32
6. Patrón de paletizado columnar.....	34
7. Patrón de paletizado con amarre.....	34
8. Problemas de palets en transporte.....	36
9. Gráfica devolución de productos por daños.....	37
10. Gráfica resultado de pruebas de BCT.....	56

TABLAS

I. Listado de corrugados a evaluar.....	42
II. Listado de resultados de pruebas a la compresión vertical.....	44
III. Factor de humedad relativa.....	47
IV. Factor de sobresaliente en palet.....	48
V. Factor de amarre en estiba.....	48
VI. Factor de tiempo almacenamiento.....	49
VII. Factor de posición corrugado.....	49

VIII.	Factor Superficie del palet	49
IX.	Factor tipo de corrugado	50
X.	Factor proporción corrugado	50
XI.	Factor impresión corrugado.....	51
XII.	Factor orientación de flauta	51
XIII.	Cálculo del factor de seguridad.....	52
XIV.	Resistencia real vrs resistencia requerida.....	52
XV.	Empaques con resistencia por debajo de lo requerido.....	57
XVI.	Empaques con resistencia por arriba de lo requerido.....	59
XVII.	Empaques con resistencia por arriba de lo requerido/ cálculo de ahorro.....	61
XVIII.	Tiempos para envío de prueba de transporte.....	68
XIX.	Tiempos para implementación de cambios.....	69
XX.	Monitoreo corrugados por debajo de resistencia a la compresión.....	71

LISTA DE SÍMBOLOS

mm	Milímetros
min	Minutos
seg	Segundos
mts	Metros
B.P.T.	Bodega de producto terminado
ASTM	American standards for testing and materials, traducción estándares americanos para materiales y pruebas
B.C.T.	Abreviatura de box compression test., traducción prueba de compresión de caja
E.C.T.	Abreviatura de edwise crush test., traducción prueba de aplastamiento sobre el borde
R.S.C.	Abreviatura de regular slotted container, traducción caja regular de hendiduras

GLOSARIO

Aristas	Esquinas del empaque de cartón corrugado.
Cape pack	Programa de computación empleado para diseñar empaques y patrones de paletizado.
Cliché	Plancha de fotopolímero y, al ser éste un material muy flexible, es capaz de adaptarse a una cantidad de soportes muy variados.
Embalaje	Recipiente o envoltura que sirve para agrupar y transportar productos. Otras funciones propias del embalaje son las de proteger el contenido, informar sobre sus condiciones de manejo, requisitos legales, composición, ingredientes, etc. y promocionar el producto por medio de grafismos.
Flexografía	Es un sistema de impresión en relieve, esto quiere decir que la zona imagen está realzada de la zona no imagen, la plancha llamada cliché.
Hoja deslizante	Hoja de plástico utilizada para formar una base y un transporte mas liviano de los palets.

Mullen	Prueba a la explosión lateral de los empaques de cartón corrugado.
Palet	Armazón de madera empleado en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas hidráulicas donde se colocan cajas.
Paletizado	Acción y efecto de colocar la mercancía sobre un palet para su almacenaje y transporte.
Slotter	Término utilizado para definir a una máquina cortadora de planchas de cartón según la forma geométrica correspondiente al empaque de cartón corrugado.
Stretch film	Material de polietileno que sirve asegurar las cajas en un palet.
Tappi	Normas de calidad de la industrial del cartón corrugado.
Tipografía	Tipo de impresión en relieve.
Troquelado	Corte de cuchillas sobre un material, con plantillas previamente diseñadas.

RESUMEN

La reducción de costos en empresas manufactureras se hace, cada día, más, una necesidad para mantener o mejorar los precios de los productos, pero sin afectar la calidad de los mismos. En un mercado de globalización y tratados de libre comercio es necesario ser cada día más competitivos. Es por ello que, se buscan nuevas vías para producir con la mejor eficiencia, al menor costo y con la mejor calidad. Es por ello que, el presente trabajo describe una evaluación de las especificaciones de los empaques de cartón corrugado respecto a su desempeño de carga, para que mediante este análisis se puedan tomar decisiones para una optimización en la resistencia, buscando así mejores costos.

El presente trabajo consta de una breve descripción de los conceptos básicos del proceso de fabricación de los empaques de cartón corrugado, de cada uno de los procesos que intervienen en su desarrollo y de la utilización de éstos en la industria. Se detallan, también, las propiedades y las pruebas que se les pueden hacer para evaluar su desempeño.

Para conocer un poco más lo que se hace en un departamento de empaque se ha incluido una breve descripción de las tareas que se realizan, estructura organizacional y equipo que se utiliza en el laboratorio de este departamento, también se describe la situación actual de los principales problemas que el departamento tiene, respecto a los empaques de cartón corrugado.

Este trabajo muestra un desarrollo de pruebas a la compresión vertical con los empaques de cartón corrugado de mayor volumen de compra e indica los resultados de estas pruebas analizando en una forma teórica los resultados obtenidos.

La parte final describe los nuevos procedimientos recomendados para el cálculo de resistencias y seguimiento en la implementación de cambios requeridos.

OBJETIVOS

- **General**

Optimizar los empaques de cartón corrugado de la empresa en estudio a través de la implementación de un programa de medición de resistencia a la compresión.

- **Específicos**

1. Desarrollar un procedimiento para la realización de las pruebas de compresión para evaluar aquellos empaques de cartón corrugado con mayor volumen de compra. Durante el 3er. cuarto del 2004.
2. Realizar pruebas de compresión de al menos 75 corrugados que representen el mayor volumen de compra. Durante el 3er. cuarto del 2004.
3. Calcular el valor de resistencia requerido para cada uno de los corrugados acorde a su estiba y peso. Durante el 3er. cuarto del 2004.
4. Identificar aquellos empaques de cartón corrugado que según pruebas se encuentren con una resistencia por arriba de lo requerido y evaluar su cambio hacia una resistencia óptima. Durante el 3er. cuarto del 2004.

5. Identificar aquellos empaques de cartón corrugado que según pruebas se encuentran por debajo de la resistencia requerida y que han mostrado indicios de problemas a los clientes para considerar su posible aumento de resistencia. Durante el 3er. cuarto del 2004.

6. Monitorear al menos cinco cambios de resistencia mediante pruebas de transporte hacia países centroamericanos. Durante el 4to. cuarto del 2004.

7. Realizar una tabla de implementación de cambio de resistencia para cada uno de los empaques de cartón corrugado que se hayan identificado con posibilidad de bajar o subir su resistencia. Durante el 4to. cuarto del 2004.

INTRODUCCIÓN

Se considera que este proyecto será de mucha importancia en las plantas de Colgate Palmolive, ya que, con ello, se estará ayudando a tener información nueva de la resistencia a la compresión de los empaques de cartón corrugados, al analizar esta información se identificará: primero, posibles ahorros en aquellos corrugados que tengan resultados por encima de lo requerido y, segundo, la funcionalidad de aquellos que se encuentren por debajo de lo requerido. Otras empresas, también, podrán utilizar este modelo para aplicarlo en sus plantas y analizar sus resultados. Como se sabe, en una planta manufacturera existen varias formas de transportar un producto, en el caso de la empresa en estudio la mayoría de sus productos utilizan el empaque de cartón corrugado como medio de transporte a las bodegas de los clientes, durante mucho tiempo se había utilizado el “mullen” como prueba para la resistencia de corrugados, esta prueba es de explosión lateral y es llamada entre los productores de papel como la Regla 41. La Regla 41 tuvo éxito, debido a gran parte al momento en el que fue estructurada, apareció cuando todos los bienes se transportaban en tren, de forma que toda la industria corrugadora tenía que obedecerla. Estas especificaciones se desarrollaron para delinear responsabilidad del transportista y no para definir las necesidades del consumidor, pues, estas especificaciones no reflejan la resistencia del corrugado a la estiba.

Asimismo, este proyecto será de mucha utilidad para el estudiante universitario o profesional que está interesado en el tema de empaque, transporte de productos y de las formas para medir la resistencia de corrugados.

También, será de utilidad para mostrar al estudiante las formas en que las empresas buscan reducir sus costos y optimizar sus procesos mediante la mejora continua y la investigación de proyectos de ahorro.

1. MARCO CONCEPTUAL: EVOLUCIÓN Y USO DE EMPAQUES DE CARTÓN CORRUGADO

1.1. La industria del cartón corrugado

La historia del cartón corrugado, está vinculada fuertemente con el transporte vía ferrocarriles en los Estados Unidos de América, es precisamente por la necesidad de regular el tipo de empaque que se utilizó en este transporte que surgen los primeros manuales relacionados con el tema.

En 1970 se inicia la desregularización que durante muchos años normaron la industria del transporte, restándole énfasis a las regulaciones de ferrocarriles y camiones lo que ha permitido un nuevo interés de parte de productores y usuarios a ubicar nuevas alternativas para la industria.

La industria de corrugado ha alcanzado su punto de madurez pero aún sigue cambiando y respondiendo a nuevas necesidades. El acceso a materias primas recicladas de mejor costo relativo, con menor peso de papel y mayor resistencia, producción y despachos más ágiles en conjunto, permiten nuevas aplicaciones.

Muchos de los cambios en la industria han nacido con una base individual, sin embargo su impacto ha sido masivo. Actualmente la industria de corrugado representa el mayor segmento industrial de empaque. El futuro ofrece oportunidades ilimitadas de cambio y crecimiento.

1.1.1. El empaque de cartón corrugado, funcionalidad

Un empaque de cartón corrugado (caja) tiene varias funciones de protección al producto: almacenamiento, identificación, publicidad y costo.

Permite mejores condiciones de manipulación y es un elemento imprescindible para el transporte de los productos, puesto que conserva su calidad original desde los lugares de producción hasta su destino final.

El cartón ondulado, es hoy en día, el material número uno de embalaje, porque es el único que cumple simultáneamente funciones tan distintas como:

- a. agrupación de productos,
- b. protección de éstos contra impactos, vibraciones, luz, polvo y robo durante la manipulación, el almacenamiento y la entrega,
- c. fácil identificación de los productos,
- d. presentación y promoción, mediante la utilización de las cubiertas exteriores como soporte de información y publicidad.

1.1.2. Cualidades del cartón corrugado

Gracias a su gran adaptabilidad, el empaque de cartón corrugado es un embalaje hecho a medida, concebido y realizado para responder específicamente, y al menor coste a todas las necesidades del usuario, cumple con las exigencias de transporte y distribución por sus cualidades prácticas y es un excelente soporte para la impresión.

Por otra parte, es un material que se puede recuperar y se recicla para fabricar nuevos embalajes.

El empaque de cartón corrugado se emplea en todos los sectores: industrial, agricultura y servicios. Es importante resaltar el hecho de que ningún sector que consuma cartón corrugado en grandes cantidades (productos lácteos, zumos de frutas, vino) representa por sí mismo un porcentaje elevado de la demanda total.

1.1.3. Factores esenciales del cartón corrugado

El empaque de cartón corrugado, material centenario, ha sabido mantenerse en la actualidad y progresar gracias a cuatro factores esenciales:

- a. excelente relación calidad-precio,
- b. adaptación continua, a las necesidades del mercado, tanto a nivel técnico (tratamientos especiales mecanización), como a nivel de las exigencias de mercadeo (impresiones cada vez más complejas, formas, usos, colores, etc.),
- c. bajo peso: es un material muy ligero,
- d. ventajas medioambientales, sobre todo su ya antigua aptitud para ser reciclado, que lo sitúa en primer lugar de los materiales de embalajes reciclados para el mismo uso.

1.2. Transformación del cartón corrugado

1.2.1. Definición

El empaque de cartón corrugado es un volumen constituido a partir de una plancha rígida hecha de papeles, cuya forma y presentación se adaptan al producto que hay que empacar.

La plancha de cartón es el elemento base para la realización del empaque.

Existen tres grandes gamas de artículos de cartón corrugado:

- a. cajas de solapas,
- b. troqueladas,
- c. de pequeña hechura.

Su realización comporta las siguientes operaciones:

- a. Específicas: Cortado en la slotter para las cajas de solapas, en troqueladora plana o rotativa para las troqueladas.
- b. Impresión, montaje, doblado y pegado.

1.2.2. Principios de fabricación

Se describirán, únicamente la fabricación de las cajas de cartón corrugado de solapas por ser el que la empresa en estudio utiliza. El plegado de una plancha de cartón rígido exige un aplastamiento localizado en el lugar del futuro doblado es la operación de hender y de ranurar.

Las solapas superiores e inferiores se pliegan por dos líneas, perpendiculares a los canales y que se hacen directamente en la onduladora (Ver figura 1). De esta manera se obtiene una plancha con hendidos. Después vienen las operaciones de ranurado, hendido de las aristas y troquelado. Para obtener las cuatro caras laterales o paneles del empaque, es necesario doblar la plancha de cartón siguiendo las 4 líneas hendidas: 3 aristas más la pestaña de unión. La realización de las solapas con sus dimensiones definitivas y el cierre de los paneles, precisan un corte en las extremidades de las cuatro líneas hendidas y troquelado de una pestaña o junta de unión. Una vez terminado esto se procede con la impresión.

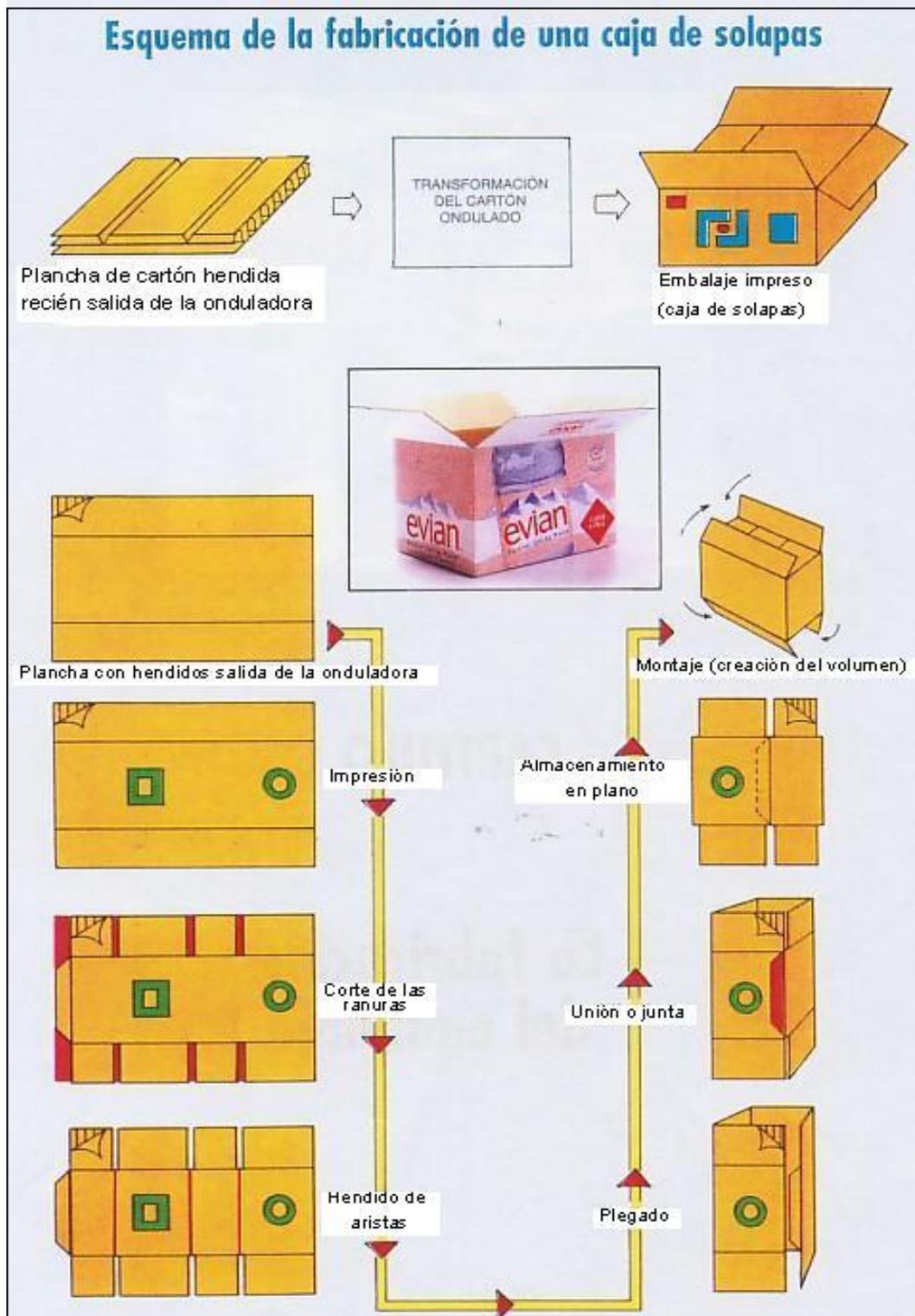
Luego, sólo resta proseguir con el plegado y la unión de las dos extremidades de la plancha o paneles libres por medio de la pestaña (solapilla) de unión: esto es el acabado.

El empaque formado de esta manera ya está listo para ser montado por el usuario, es decir, listo para recibir el contenido. De un estado plano, pasará a tener volumen.

Para facilitar el envío, hay que agrupar los embalajes por lotes, contarlos, empaquetarlos y paletizarlos: estas son las etapas de empaquetado y paletización.

Cada operación se realiza en una máquina de trabajo - o cuerpo – que puede ser: individual y separada, o más a menudo, ir asociada con otros cuerpos en el caso de las máquinas en línea.

Figura 1. Esquema de la fabricación de una caja de solapas



Fuente : Manual de formación Técnico Comercial

1.2.3. Tecnología de fabricación

Para situar la plancha de cartón en la máquina de transformación, se tiene en cuenta:

- a. El empuje, es decir, la dirección en la que avanza la plancha en el interior de la máquina, dentro de las posibilidades de ésta en cuanto a sus límites máximo y mínimo.
- b. La apertura o el ancho máximo que permite la máquina. Mientras que en la onduladora los canales son perpendiculares en sentido longitudinal de fabricación del cartón, en las máquinas de transformación suelen presentarse en el sentido longitudinal (paralelamente al sentido del movimiento de la máquina de transformación).

Generalmente antes de cargar las planchas de cartón en la máquina es preciso desapilarlas. Para ello se utilizan los cargadores, que introducen automáticamente las planchas en la máquina. La pila se va dividiendo en paquetes y las planchas se van introduciendo por intervalos regulares. Los cargadores son imprescindibles en las máquinas de grandes formatos.

He aquí una descripción general de los tipos de introducción utilizadas en las máquinas de transformación:

- a. Alimentación manual: El operario introduce las planchas una a una. Este sistema se emplea cada vez menos.
- b. Alimentación automática: Sin marcación, el dispositivo, constituido por una banda, correas o rodillos, introduce las planchas en continuo, una detrás de otra. Con marcación (caso más frecuente): el dispositivo

introduce las planchas de manera regular ajustándose el movimiento de la máquina.

a. La operación de impresión a menudo se hace en uno o varios módulos de impresión y que en la mayoría de los casos, están unidos a las máquinas de transformación o *Slotters*.

La operación impresión consiste en:

1. la transferencia de la tinta de un dispositivo entintador a una forma impresora: el cliché,
2. la aplicación de la tinta del cliché en la superficie de la plancha mediante una ligera presión mecánica.

La impresión del cartón ondulado en la “*Slotter-Impresora*” se realiza de acuerdo con el principio de la tipografía, en el que los elementos impresores del cliché están en relieve.

En la fabricación del cartón corrugado se ha llegado a llamar tipo (o tipografía) a la impresión realizada con clichés y tintas grasas de secado lento. Este procedimiento aún se utiliza en las *slotters*-impresoras más antiguas y en las impresoras rotativas tipográficas.

Actualmente el flexo (flexografía) ha sustituido a la tipografía y es prácticamente la única que hay en el mercado. Aunque la técnica de impresión en relieve es la misma que en la tipografía, se diferencia por la naturaleza de las tintas que emplean, sobre todo, en la composición de éstas y el tiempo de secado, que es más rápido en flexografía.

b. *Slotter*. Dentro de sus funciones tenemos:

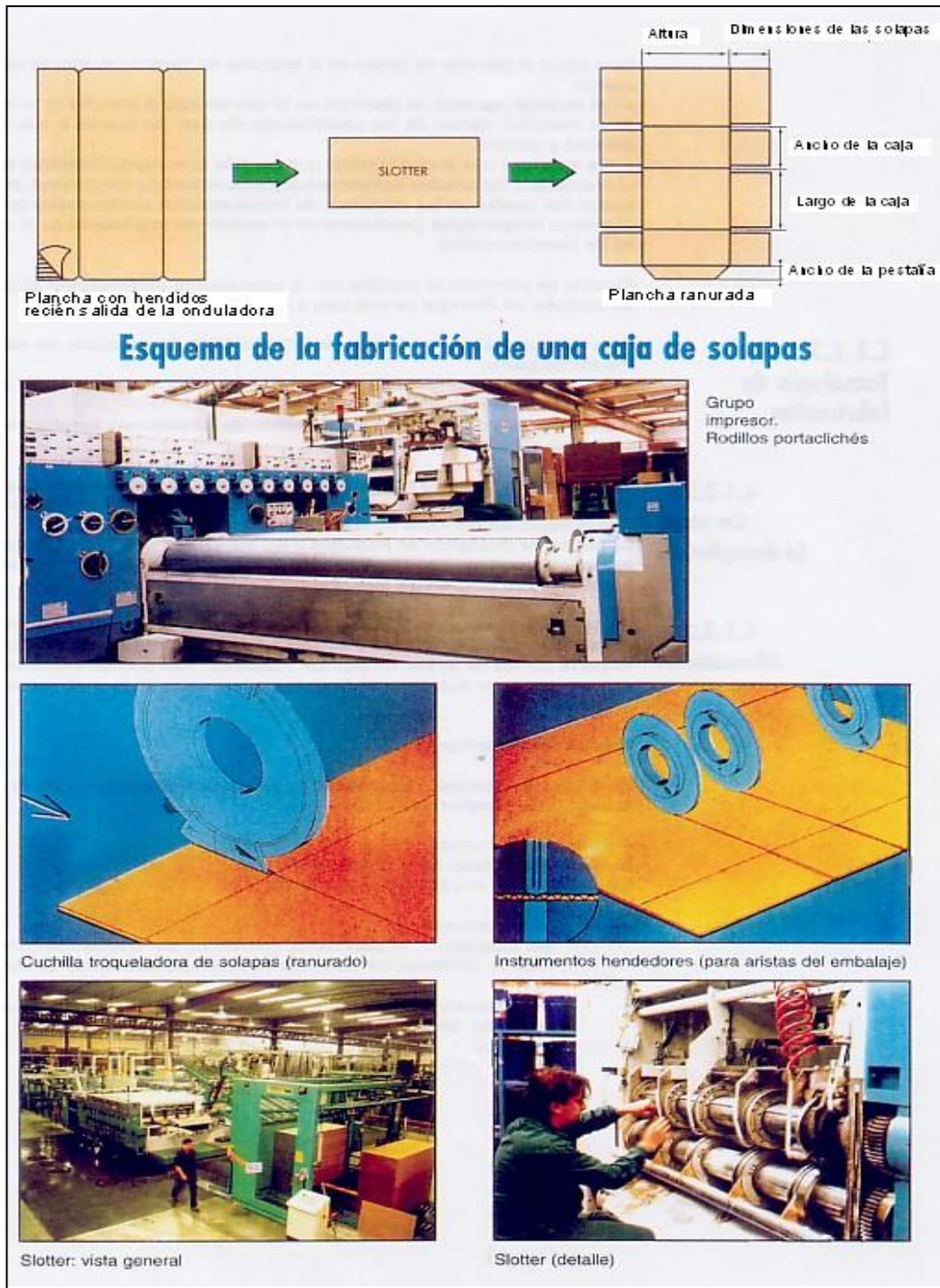
1. cortar de una sola vez, la plancha de cartón según la forma geométrica correspondiente a la forma del embalaje deseado (pestaña, solapas, perímetro),
2. hender parcialmente el cartón por las 4 líneas de plegado, que forman las aristas verticales del empaque y de la pestaña. Como se muestra en la figura 2.

Ambas operaciones siempre se realizan a la vez.

La *slotter* está compuesta por portacuchillas circulares rotativas, que tienen cuchillas de corte y hendedores acoplados en dos pares de distintos ejes. El ranurado y el hendido van en línea: las solapas se cortan siguiendo la línea de plegado de las aristas verticales del embalaje. Algunas *slotters* pueden desplazar el ranurado con respecto al hendido. La *slotter* determina las dimensiones del embalaje: largo, ancho y perímetro ($2 \text{ base} + 2 \text{ largo}$).

Así pues, para fabricar una caja de solapas en una *slotter* basta con colocar con precisión las cuchillas en los ejes utilizando material estándar. Al contrario de lo que ocurre con el troquelado, aquí no hay gastos de instrumentos específicos, sólo los gastos de ajustes de piezas. El desplazamiento de las herramientas se acciona eléctricamente y la gestión de los desplazamientos se efectúa automáticamente (autómatas programables), en máquinas modernas.

Figura 2. Esquema de la fabricación de una caja de solapas



Fuente : Manual de formación Técnico Comercial

c. El acabado. La plancha de cartón ondulado ya impresa, tiene que ser unida por las dos caras extremas, de manera que forme un volumen con un simple montaje manual o automático que realizará el usuario.

La caja se pliega sobre sí misma y sólo ocupa un mínimo de la superficie. Para la caja de solapas esta operación requiere:

1. primero, el plegado de los dos paneles libres de los extremos de la plancha, el de la pestaña y el que se encuentra enfrente de éste, siguiendo las dos líneas,
2. luego, y en la misma máquina, la unión de dichos paneles, mediante la pestaña de unión.

La unión se efectúa:

1. por encolado, generalmente,
2. por grapado, con grapas metálicas, proceso que se usa generalmente en el caso de cajas de formato grande y de características pesadas,
3. cintas engomadas o adhesivas (aunque su uso es más escaso) se utilizan para cajas que no tienen pestañas de unión.

Si la unión no es una operación integrada en la slotter (combinada), se puede hacer en una máquina independiente y separada:

1. el grapado: manualmente, semi-automático o automáticamente.
2. el encolado: en la plegadora-encoladora automática.
3. las cintas engomadas: en aparatos automáticos o semi-automáticos.

Después del acabado los empaques de cartón corrugado se cuentan y se apilan. Una vez obtenido el número necesario, se hace un paquete que se ata para su entrega.

1.3. Propiedades del cartón corrugado según exigencias requeridas

El empaque de cartón corrugado se distingue por la gran diversidad de sus formas. No obstante, la mayor parte de su producción se compone de cajas paralelepípedas de seis caras, del tipo de las cajas de solapas.

Su configuración es la siguiente:

- a. 4 caras laterales: paredes (o paneles),
- b. 1 cara superior (tapa) más 1 cara inferior (fondo)

Se puede definir un empaque de cartón corrugado en función de las dos características siguientes: la aptitud para contener (o facultad de agrupamiento de los productos) dando cohesión al conjunto embalado, la resistencia y el apilamiento: capacidad que tiene el embalaje para resistir agresiones mecánicas y capacidad para resistir la carga creada por la superposición de otros embalajes encima. Estas características son inseparables unas de otras.

1.3.1. Aptitud para contener

El empaque de cartón corrugado permite el agrupamiento de productos que tienen formas distintas (frutas, botellas) en una forma geométrica homogénea, paralelepípeda, estable, sencilla, manipulable, transportable y almacenable. Preserva los productos contenidos, resistiendo fuerzas que podrían causar su ruptura o deterioro.

Otras funciones complementarias del cartón ondulado: separación de los objetos apilados, acolchado y repartición de las cargas.

Aquí se da un efecto sinérgico recíproco entre el contenido y el contenedor. La aptitud para contener del embalaje va estrechamente unida a su función protectora. Ejemplo: conservas. La función “aptitud para contener” del empaque de cartón corrugado depende de otras funciones que debe desempeñar. Si no fuera así, el empaque sería reemplazable con otros materiales más económicos, como el cartón compacto, la película de plástico, etc.

La resistencia de una caja de cartón corrugado se determina en función de la capacidad soporte del producto a empacar. Por producto se entiende una unidad de producto, tenga o no envase primario. Ejemplo: una pastilla de jabón sin envoltorio y una lata de tomate; en el primer caso el producto es el jabón, pero en segundo el producto es la lata y no el tomate que ésta contiene.

Desde el punto de vista de la capacidad de soportar, los productos se pueden dividir en tres categorías: autoportantes, no portantes y semiportantes.

- a. Autoportantes: se dice de un producto que es autoportante (o portante) si puede soportar sin sufrir deterioro alguno (deformaciones, aplastamientos, reventamientos, fracturas), la carga total de apilado. El producto autoportante soporta la totalidad de la carga de apilado a la que se somete. Incluso sin la ayuda de un empaque de cartón corrugado, conserva intactas sus cualidades intrínsecas de resistencia al aplastamiento, a la deformación y al roce. Ejemplos de productos autoportantes: la mayoría de los empaques primarios rígidos, bien sean metálicos o de vidrio (botellas, frascos) y algunos plásticos.

- b. Semiportantes: estos no son lo suficientemente portantes en las condiciones de utilización como para soportar las cargas de apilado. Su capacidad de sustentación debe evaluarse en función de los límites de deformación que el producto admita, sin que ésta llegue a perjudicar la comercialización del producto, lo cual exige un ajuste muy preciso del envase con el contenido. Ejemplos de productos semiportantes: productos con empaques primarios deformables, tal como botellas plásticas, artículos de limpieza y bolsas de productos en polvo.
- c. No portante: sin la ayuda del producto, el empaque de cartón corrugado debe soportar cualquier esfuerzo que se presente. Por consiguiente es necesario preservar todas las cualidades del contenido fortaleciendo las propiedades del empaque. Ejemplos de productos no portantes: productos agrícolas (verdura, fruta).

1.3.2. Exigencias de tipo mecánico

Definiciones elementales y simplificadas de los distintos problemas que experimenta una pared plana sometida a las siguientes fuerzas:

- a. deformaciones: debido a la compresión en el canto, es decir, compresión vertical paralela a la pared,
- b. flexión: deformación debida a fuerzas perpendiculares a la pared. La resistencia de una plancha de cartón corrugado a los esfuerzos de flexión se llama rigidez,
- c. aplastamiento en el canto: deformación de cartón debida a una compresión pura, después de ser sometido a fuerzas verticales paralelas a la pared,

- d. aplastamiento en el plano: deformación debida a una compresión de la superficie del material sometido a fuerzas superficiales perpendiculares a la pared.

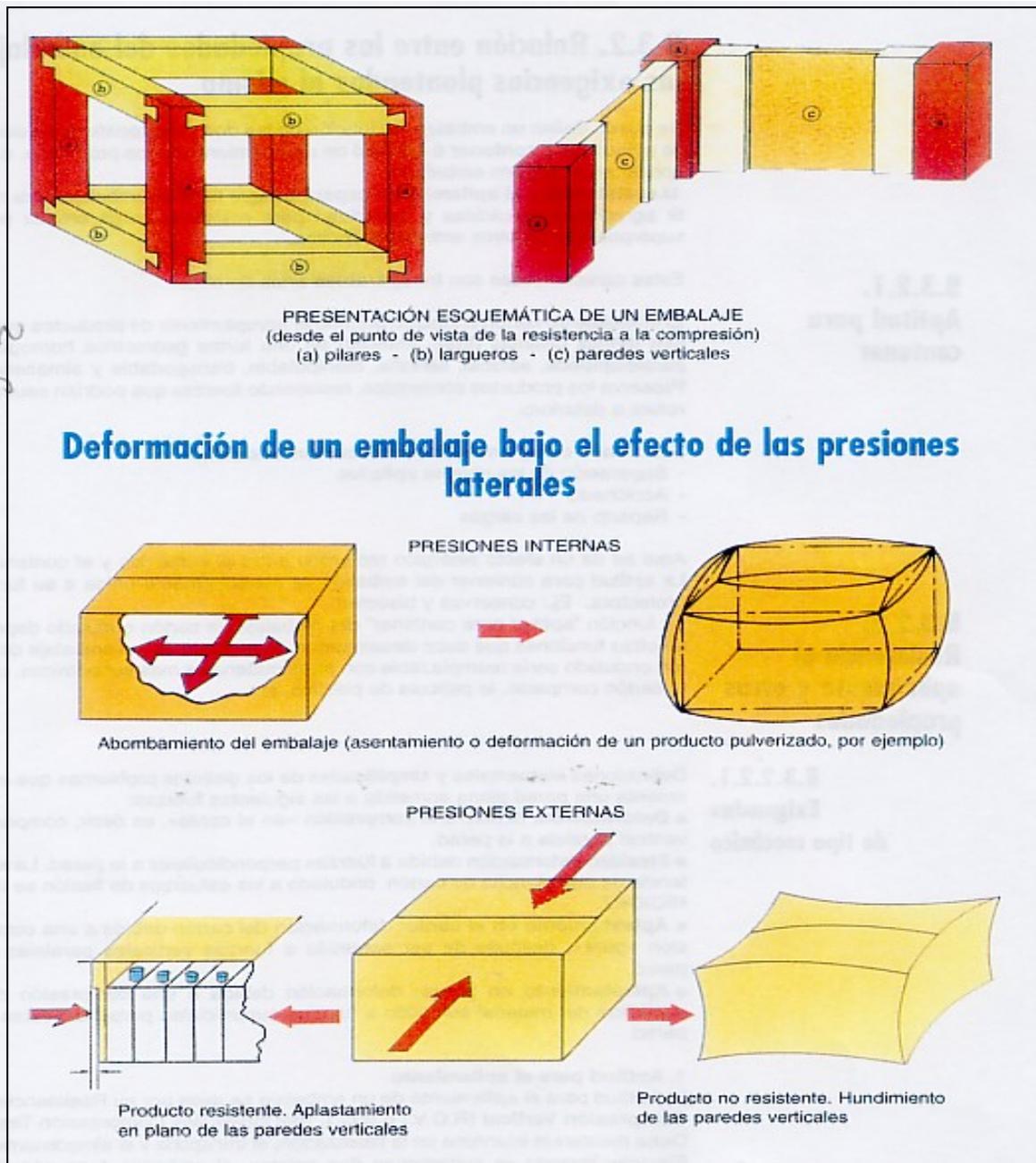
La aptitud para el apilamiento de un embalaje se mide por su resistencia a la compresión vertical o B.C.T. Dicha resistencia interviene en la paletización, el transporte y el almacenamiento. Ejemplo: cuando se superponen dos palets, el embalaje 1 no soporta la misma carga que el embalaje 2 y, por consiguiente, no sufre las mismas presiones. No obstante, tanto 1 como 2 deben tener capacidad para resistir la carga máxima, es decir la soportada por la caja del estrato inferior de la carga. La carga vertical puede probar el aplastamiento en el canto de los paneles y de los diedros verticales así como una deformación vertical de los paneles.

Las presiones laterales pueden ser de dos tipos: internas , la fuerza de empuje se ejerce desde el interior hacia el exterior y es una acción ejercida por el producto , externas , la fuerza de empuje de afuera hacia dentro es la acción de fuerzas exteriores.

Las presiones internas pueden ser muy grandes, en caso de impactos, de caídas, etc. Con productos de mucha inercia, dichas presiones producen el reventamiento del empaque de cartón corrugado. El riesgo de reventamiento atañe en especial a productos de pequeñas dimensiones, pesados o colocados desordenadamente y, también a líquidos contenidos en envases blandos.

Cuando el llenado de la caja es manual o automático, se forma la caja en vacío. El envasado del producto puede producir un desgarr(o principio de desgarr) de los paneles e, incluso, de las aristas verticales.

Figura 3. Presentación esquemática de un embalaje.



Fuente : Manual de formación Técnico Comercial

1.3.3. Exigencias de tipo físicas

Dentro de las exigencias físicas tenemos:

- a. fatiga, debida a la duración del almacenamiento. Ésta afecta a los empaques bajo carga durante su almacenaje (apilamiento). Aún siendo baja la carga, las cajas pueden terminar por hundirse, si la duración del almacenamiento es suficientemente larga, aunque la fuerza de compresión sea netamente inferior a la resistencia nominal B.C.T.,
- b. condiciones climáticas: humedad; el cartón corrugado no tratado es higroscópico y por consiguiente sensible a la humedad, en virtud de las materias que lo componen (papel, celulosa). La absorción o pérdida de humedad están en función de las condiciones de la humedad relativa de la atmósfera. Ejemplo: el cartón seco puesto en ambiente húmedo absorbe humedad y el cartón húmedo puesto en un ambiente seco pierde humedad. Pero aún en condiciones higrométricas (temperatura seca y humedad relativa) la humedad del cartón varía.

1.3.4. Exigencias dimensionales

Además de su adaptación a la dimensión del producto, las dimensiones del empaque de cartón deben satisfacer diversas reglamentaciones en rigor:

- a. legislación laboral: manipulación por una persona,
- b. normalización de los palets: investigación de tamaños compatibles con la superficie portadora,

- c. la altura de apilado.

Con una superficie constante, se pueden obtener empaques de diferentes volúmenes:

- a. caja muy alta con sección cuadrada y poco larga, menos resistente a las presiones verticales y laterales internas,
- b. caja muy larga pero baja, con propiedades inversas a la anterior.

A volumen constante, las alturas y los perímetros de los empaques serán diferentes. Las exigencias de dimensiones requieren, pues un compromiso, técnico-económico entre la superficie necesaria y las propiedades de resistencia.

1.3.5. Exigencias por la utilización

Recordemos los puntos sensibles del empaque de cartón corrugado: Los diedros verticales, los ángulos, y el espesor del cartón.

Toda alteración, deterioro o daño que sufran dichos puntos (tales como: cambios de forma y apertura de orificios), pueden debilitar el embalaje. Con relación a la estética de éste, es importante recordar que se corre el riesgo de que la impresión y el marcado penetren el espesor del ondulado.

Con relación a los sistemas de agarre y de ventilación, es preciso evitar que los orificios se hagan en las zonas donde más esfuerzos se concentren y sobre todo, evitar hacerlos en los diedros y en las esquinas.

1.4. Evolución de pruebas de resistencia del cartón corrugado

1.4.1. El mullen como prueba a la explosión lateral

La regla 41 (regla de transporte de cajas de cartón corrugado) esta asociada directamente con la prueba “MULLEN” (Prueba de explosión lateral) esta es una prueba de presión que se mide en libras por pulgada cuadrada que se requiere para reventar o romper un pedazo de cartón bajo condiciones específicas por medio de un equipo de prueba denominado “Mullen”. Por ejemplo: se necesita 200 libras de presión por pulgada cuadrada para reventar un pedazo de prueba de cartón corrugado de mullen 200.

La regla 41 no tuvo éxito debido en gran parte al momento en el que fue estructurada, la regla apareció cuando prácticamente todos los bienes se transportaban por tren de forma que toda la industria corrugadora tenía que obedecerla. Este acatamiento ayudó a la transición de la caja de cartón corrugado como sustituto de las cajas de madera.

Por un largo período, la gente olvidó que estas especificaciones se habían desarrollado para delinear la responsabilidad del transportista y no para definir las necesidades del consumidor.

La regla 41 no permite el uso de papeles con peso base distintos a los definidos para alcanzar las diferentes resistencias; en una industria en que el precio por tonelada de papel controla el precio del mercado, las ventajas económicas potenciales más un creciente interés en relación con el desecho de desperdicios sólidos, motivó a la industria de papel a presionar a los transportistas a cambiar las reglas para permitir el uso de papeles de alto rendimiento. Se recibieron muchas propuestas para modificar la regla 41 con el objeto de permitir el uso de estos papeles de grados alternativos. Después de años de debate, finalmente los transportistas aprobaron un nuevo grupo

de requerimientos que reconocían las pruebas ECT o pruebas de resistencia a la estiba y permitieron su uso como una opción económica y efectiva en relación a la prueba tradicional del Mullen.

1.4.2. Pruebas de compresión de resistencia a la estiba (ECT)

La resistencia a la estiba ECT se da en libras por pulgada lineal, es decir en una caja ECT 32 cada pulgada lineal de los cantos de las paredes de la caja resiste 32 libras sin colapsar. Entre mayor sea el ECT del cartón corrugado, mayor será la resistencia del comportamiento de carga de una caja; las malas prácticas de almacenamiento por parte del cliente o cualquier otra tarea en el área de distribución que abuse de la caja se toma matemáticamente como factor cuando se determina el comportamiento de la carga que se requiere. La caja tiene que ser más fuerte entre más abuso sufra en el ambiente.

Para poder elegir qué papeles compondrán el embalaje hay que tener en cuenta, por una parte, el ECT del cartón y, por otra su rigidez a la flexión. El ECT en combinación con la flexibilidad son indicadores de la resistencia a la compresión de pies a cabeza de una caja de cartón corrugado.

El ECT se refiere a las siglas en ingles por Edwise Crush Test, lo cual hace referencia a una prueba de resistencia a la compresión del canto de una muestra de cartón corrugado. El ECT depende de:

- a. el tipo de estructura del cartón: doble-cara, doble-doble cara,
- b. la compresión sobre el canto de los papeles componentes de caras y onduladas.

El ondulado establece una equidistancia entre ambas caras proporcionándoles una superficie llana; puesto que el ondulado (corrugado) es la base de apoyo de las caras, contribuye al ECT y a la rigidez a la flexión. La rigidez a la flexión del cartón es la media geométrica de las rigideces del cartón en sentido longitudinal y transversal. Es una función de:

- a. la estructura del ondulado: con papeles idénticos, un cartón doble-cara de canal A tiene una rigidez mayor que un doble- cara de canal B,
- b. la rigidez a la flexión que tiene los papeles que componen el cartón: manteniendo la misma onda, la rigidez variará dependiendo de las masas que tengan las caras.

Teóricamente, tanto el ondulado como las caras, desempeñan un papel de igual importancia con relación al ECT. En la práctica, sin embargo, se ha observado que las caras tienen una función preponderante en la estructura “portadora” de los paneles laterales del embalaje.

El ECT de un cartón doble-cara puede ser superior al de un cartón doble-doble dependiendo de los papeles que se empleen para cada uno.

La prueba del ECT es importante por tres razones principalmente:

- a. La primera es bastante obvia, ya que si se desea que el corrugado cumpla con los requerimientos de la Regla 41 /Artículo 222, en el cual el ECT es el test especificado, el fabricante deberá llevar a cabo esta prueba para cumplir con las regulaciones.
- b. La segunda razón no es tan obvia. La compresión de canto es la propiedad más importante del cartón corrugado al determinar la resistencia a la compresión de la caja.

- c. La tercera razón para hacer la prueba ECT es debido a que es básicamente una prueba de materiales. Depende directamente de la calidad de la materia prima: las caras (liner) y el ondulado (médium). Obviamente es necesaria una buena calidad de fabricación, por lo que si el adhesivo es el adecuado y no hay fallas en el proceso de fabricación, el fabricante podrá tener una buena idea de la calidad de su materia prima al hacer la medición de compresión de canto.

Finalmente se puede decir que el ECT es una prueba excelente para medir la eficiencia del corrugado. Los fabricantes pueden tener una buena referencia y predecir los niveles de eficiencia de su cartón corrugado comparando los resultados de su materia prima contra los de su producto terminado. De esta forma sabrán que tan eficientemente están utilizando la materia prima.

1.4.3. Prueba de compresión vertical (BCT)

Para diseñar y construir un eficiente y óptimo costo de empaque, es importante entender en contra de qué debe proteger el empaque.

La fuerza de apilamiento es un requerimiento clave en el transporte de empaques. Esta se define como la máxima fuerza de compresión en libras o kilogramos, que un empaque puede cargar durante un tiempo, bajo condiciones de medio ambiente normal y apilamiento sin fallas.

La habilidad para cargar el peso es afectado por la estructura de los empaques de cartón corrugado, el medio ambiente y la capacidad del empaque primario interno, divisiones esquinas, etc.

La más común y simple caja de cartón corrugado es llamada caja con hendiduras regulares R.S.C. en la cual el corrugado tiene una típica dirección vertical paralela a la fuerza de apilamiento del tope. Desde principios de 1960, hemos sido capaces para estimar la fuerza de compresión de cajas regulares (R.S.C.) con exactitud y precisión.

Esta fuerza de compresión es en función de:

- a. perímetro de la caja (dos veces la longitud mas dos veces el ancho),
- b. resistencia a la Estiba (ECT),
- c. relación (Largo : Ancho) y otros factores.

Cuando conocemos todas las variables arriba mencionadas, podemos estimar la fuerza de compresión a través de una ecuación conocida como la formula de Mckee.

$$BCT = 5.875 * ECT * \sqrt{\text{Calibre}} * \sqrt{\text{Perímetro}}$$

2 SITUACIÓN ACTUAL: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

La mejora continua en los procesos del departamento de empaque de la empresa en estudio, es uno de los principales valores con los que se cuenta. Es por ello que el estudio de este proyecto nace de la necesidad de buscar una optimización en la resistencia del cartón corrugado. En esta empresa se cuenta actualmente con cuatro plantas de manufactura:

- a. planta de Líquidos, manufactura productos de limpieza, lavatrastos líquidos y suavizantes de tela,
- b. planta de Jabones, en esta planta se hacen jabones de tocador, lavaplatos y detergentes en barra.
- c. planta de Cepillos, dedicados a la manufactura de cepillos dentales de distintos tamaños y formas,
- d. planta de Cuidado Oral, dedicados a la manufactura de cremas dentales, dentro de esta planta se cuenta con un área de inyección de tapas y tarros llamada integración vertical.

Los productos que se manufacturan en estas plantas están divididos por categorías:

- a. cuidado personal que incluye jabones de tocador,
- b. cuidado de la casa que incluye limpiadores líquidos, lavatrastos, detergentes,
- c. cuidado oral que incluye cremas dentales y cepillos.

2.1 Ingeniería de empaque situación actual

El departamento de ingeniería de empaque ha tenido varios cambios significativos durante los últimos cuatro años. Al principio el departamento contaba únicamente con un ingeniero de empaque y un asistente. El crecimiento en la producción dentro de la región, y la constante innovación de nuevos materiales de empaques, pruebas y validaciones hacen ver la necesidad de crear un nuevo puesto para el departamento, se habilita entonces un nuevo puesto de ingeniero de empaque distribuyendo el trabajo de los puestos por categoría.

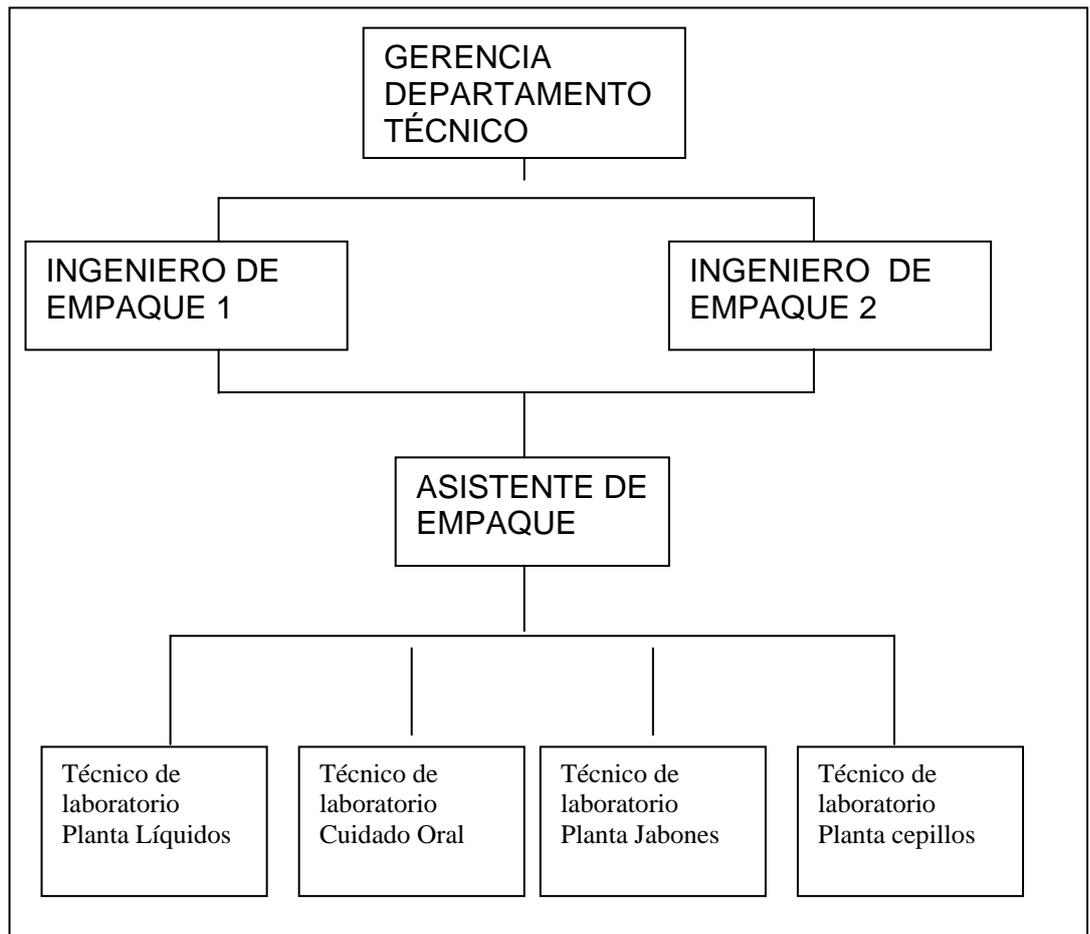
Después de este cambio se genera la idea de contar con el apoyo de personal entrenado para la revisión de los distintos materiales (de empaque) que ingresan en la bodega de materia prima, validaciones y pruebas de materiales; es por ello que hace dos años se cuenta con el laboratorio de Ingeniería de Empaque y se elige dentro del personal con el que se contaba en planta a cuatro personas que destacaron por su desempeño, se les capacita en distintas tareas: muestreo, utilización de equipo y se distribuye el trabajo por planta.

Durante todo este tiempo el departamento de empaque lo administraba la gerencia del departamento de compras pero después de analizar el trabajo que allí se realiza el departamento de empaque se dejó a cargo de la gerencia del departamento técnico, este traslado fue debido a las tareas técnicas que se realizan y buscando la alineación dentro de la organización.

2.1.1 Organigrama del departamento

El organigrama actual del departamento es el siguiente y su tipo de estructura vertical:

Figura 4. Organigrama departamento de empaque.



Fuente: Hoja de información estructural departamento de empaque.

2.1.2 Funciones del personal

Dentro de las funciones que desempeña cada puesto dentro del Organigrama aparecen las siguientes:

- a) gerente de departamento técnico: en este cargo hay muchas actividades de toma de decisiones que son vitales en el negocio, presupuesto, asignación de tareas , controles de tareas, reuniones con la alta gerencia, evaluaciones de desempeño, manejo de cuentas, presupuesto del departamento,
- b) ingeniero de empaque: el ingeniero de empaque tiene a su cargo las aprobaciones de varios materiales de empaque como lo son botellas, plegadizas, dispensadores, tapas, laminados, bolsas, respaldos etc., así como también el control de los colores que se imprimen en estos materiales, otra de sus tareas es la búsqueda de nuevas alternativas de empaque y proyectos de ahorro,
- c) asistente de empaque: además de asistir a los ingenieros de empaque en varios proyectos de validación, el asistente de empaque tiene a su cargo la generación en el sistema de nuevos códigos para cualquier producto nuevo, para esto debe generar información como pesos, medidas, códigos de barras y otros. Una de las tareas más importantes en este puesto es la del diseño de los corrugados de nuevos productos. Debido al tema de este trabajo mencionaremos varias actividades y funciones de este puesto por tener la responsabilidad del desarrollo de los empaques de cartón corrugado,
- d) técnico de laboratorio: este puesto es relativamente nuevo y dentro de las funciones que se desempeñan esta la de recepción de materiales de empaque, análisis de calidad y aprobación de los mismos o rechazo, para ello se cuentan con estándares y especificaciones que deben ser revisadas diariamente, el técnico de laboratorio es muy importante dentro de las validaciones de nuevos productos, ya que es

el encargado de recabar la información durante las distintas pruebas que se realizan a un material.

2.1.3 Laboratorio de empaque

Dentro del laboratorio de empaque se cuenta con la siguiente instrumentación:

- a) drop tester: sirve para evaluar la resistencia a la caída de materiales, especialmente botellas
- b) case compression tester: sirve para evaluar la resistencia vertical de los corrugados.
- c) electronic thickness tester: sirve para identificar espesores de empaques con formas irregulares,
- d) torque tester: aparato que sirve para evaluar el torque de tapas,
- e) sutherland rub tester: sirve para evaluar la resistencia de la adherencia de tintas en tubos laminados,
- f) balanza electrónica: sirve para la evaluación de rendimientos, y pesos de los materiales de empaque,
- g) top load para botellas: mide la compresión o fuerza que resisten las botellas verticalmente,
- i) micro gloss meter: indica el porcentaje de brillo de superficies.

2.2. Principales problemas con empaques de cartón corrugado

Existen muchos factores externos que pueden afectar la resistencia del cartón corrugado: almacenamiento, humedad, tipo de estiba, pero existen otros factores que debilitan la resistencia de las cajas de cartón corrugado y esto es debido al manejo interno y externo de las mismas. A continuación se detallan alguno de los principales problemas que afectan a este material de empaque dentro de las plantas.

2.2.1 Principales problemas en área de paletizado

Para comprender los problemas del área de paletizado primero abordaremos el tema del proceso del mismo.

El proceso de paletizado o empolinado consiste en colocar un número predeterminado de cajas de cartón corrugado (llenas) sobre una tarima de madera de 40 Plg. X 48 Plg. al final de la línea de producción. Como se muestra en la figura 5.

Lo que se busca es colocar la mayor cantidad de cajas sobre la tarima apilando las cajas hasta formar una estructura cúbica. La estructura cúbica debe respetar las restricciones de espacio de la tarima y las restricciones de altura de los racks (1.2m).

Cada cubo de cajas ó patrón de paletizado es diseñado por el departamento de ingeniería de empaque utilizando las medidas de la caja de cartón corrugado de cada producto por el asistente de empaque.

El patrón de paletizado debe maximizar el área de utilización de la tarima y a la vez debe ser lo suficientemente estable para permitir su manejo dentro y fuera de la planta (productos exportados en toda C.A.).

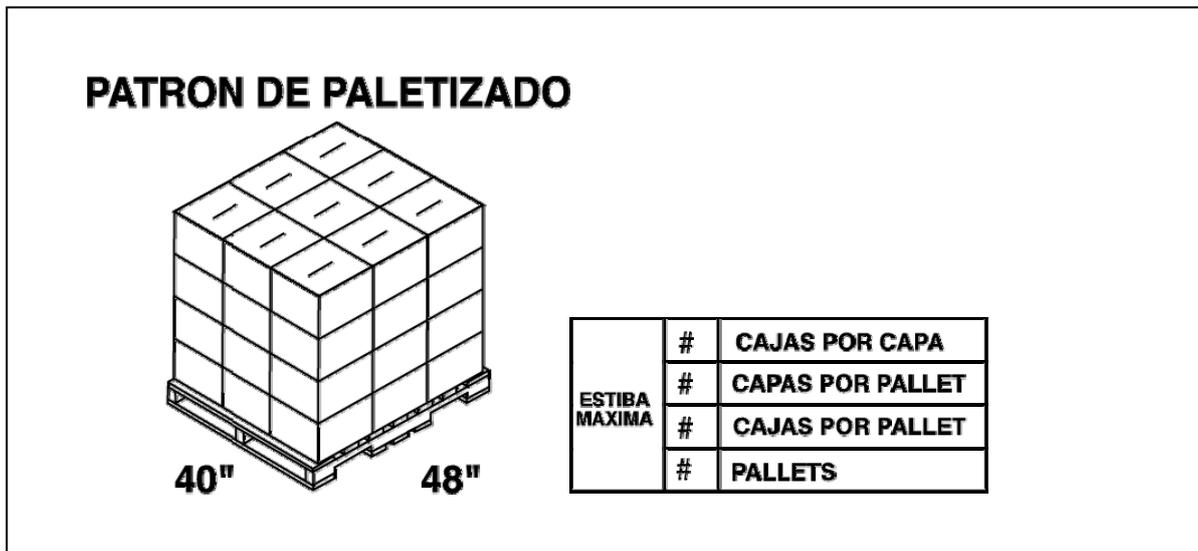
La unidad de manejo se le conoce como “palet”. El número de cajas en cada palet depende de varios factores como: el tamaño de la caja, el tipo de producto a empacar, peso del producto y las unidades requeridas por caja.

El “palet” es una unidad de manejo y venta que utilizan las empresas para distribuir sus productos a sus clientes mayoristas.

Dentro de los elementos que componen un paletizado tenemos los siguientes:

- a) tarima de madera con dimensiones de 40 Plg x 48 Plg ,
- b) hoja deslizante (slipt sheet),
- c) cajas con producto,
- d) un patrón de paletizado impreso en cada caja de cartón corrugado,
- e) 4 u 8 esquineros dependiendo del tipo de producto. Los esquineros deben tener un tamaño acorde a la altura del palet,
- f) fleje de cajas (stretch film) para envolver los palets.

Figura 5. Patrón de paletizado.



Fuente: Hoja de información departamento de empaque.

A continuación algunos puntos que se ha identificado como problemas en el área de paletizado:

- a. cajas fuera de la tarima,
- b. no se respeta el patrón de paletizado impreso en el corrugado,
- c. cajas no alineadas esquina contra esquina (Cuando el patrón de paletizado sea columnar),
- d. palets sin esquineros o con esquineros incompletos,
- e. palets con una colocación inadecuada en la hoja deslizante,
- f. cajas sin fleje plástico o mal colocado,
- g. estibar en una tarima maltratada,

- h. estibar de una forma en que el producto sea maltratado,
- i. mala estiba debido a un diseño no adecuado del patrón de paletizado.

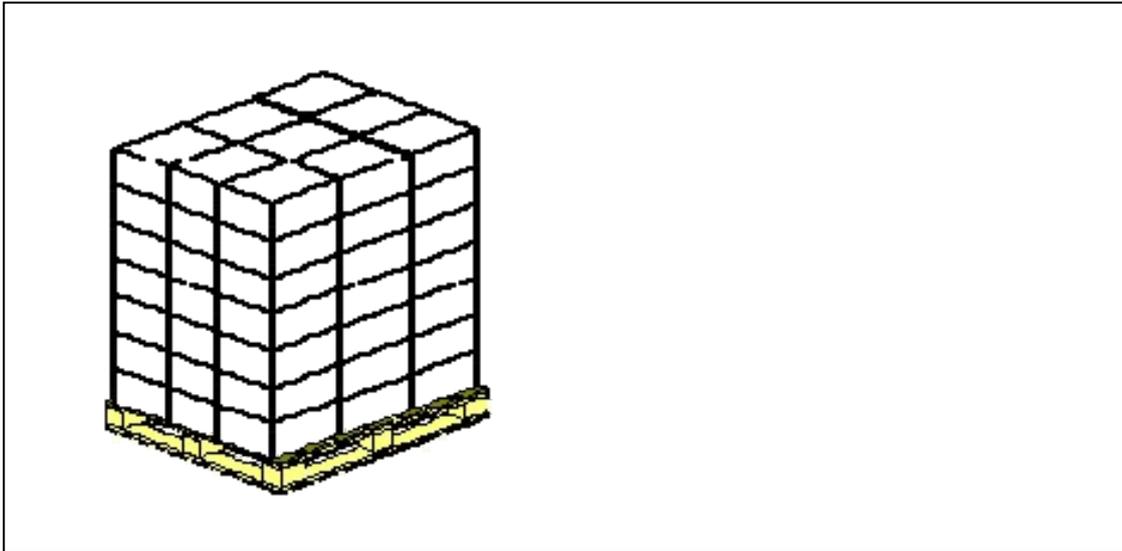
2.2.2 Principales problemas con resistencia a la estiba

La pérdida de resistencia en el cartón corrugado por un mal diseño es uno de los problemas que resaltan y que se pretende mejorar dentro de este trabajo de graduación. Es por ello que al final se determinará si existen corrugados con problemas de resistencia y se dará a conocer cual debería de ser la óptima resistencia a la estiba o el mejor patrón de paletizado de estos productos.

Existen dos formas de estibar cajas: una con un patrón de paletizado columnar y otro con un patrón de paletizado con amarre; estos tienen diferentes características pero dentro de las principales están:

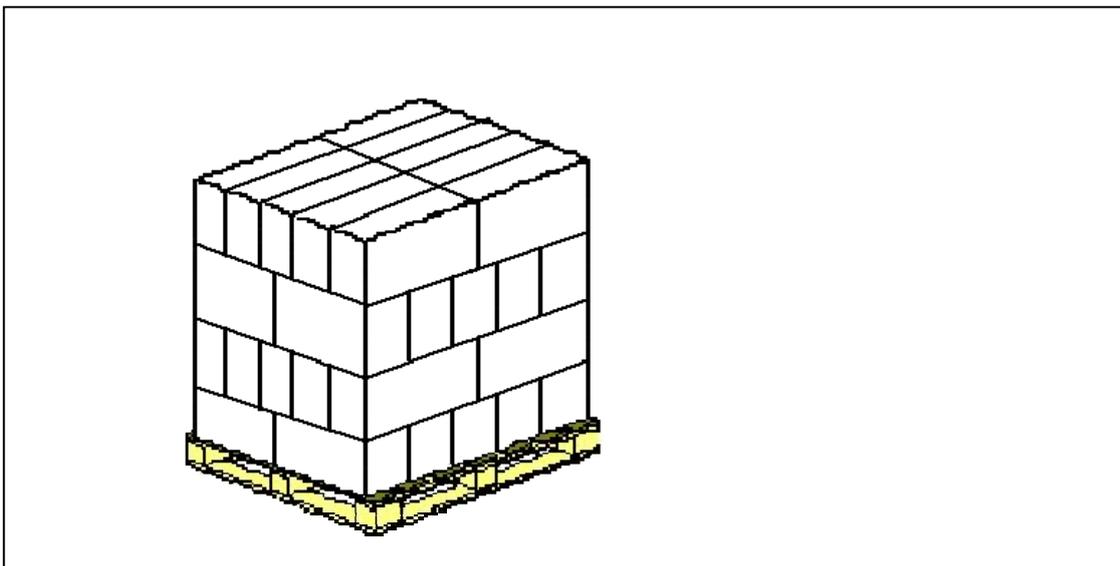
- a. el patrón de paletizado columnar genera mayor resistencia a la estiba, ver figura 6,
- b. el patrón de paletizado con amarre tiene mayor estabilidad, ver figura 7.

Figura 6. Patrón de paletizado columnar.



Fuente: Hoja de información departamento de empaque

Figura 7. Patrón de paletizado con amarre.



Fuente: Hoja de información departamento de empaque

2.2.3 Principales problemas en área de transporte

Dentro de este punto se hace ver algunos puntos que son importantes para el manejo de las cajas de cartón corrugado o el “palet” dentro de las plantas productoras, las bodegas y los transportes.

Según análisis realizado dentro de los puntos a resaltar como principales causas de problemas en el área de transporte tenemos los siguientes.

- a) transporte inapropiado de planta de producción a bodega de producto terminado por operadores de montacargas,
- b) apilamiento de palets inadecuado (colocar un palet de un producto más pesado sobre un producto de menor peso),
- c) golpes de los palets durante el transporte, ver figura 8,
- d) mal ubicación de palets cuando se están despachando en bodega de producto terminado,
- e) maltrato durante el transporte.

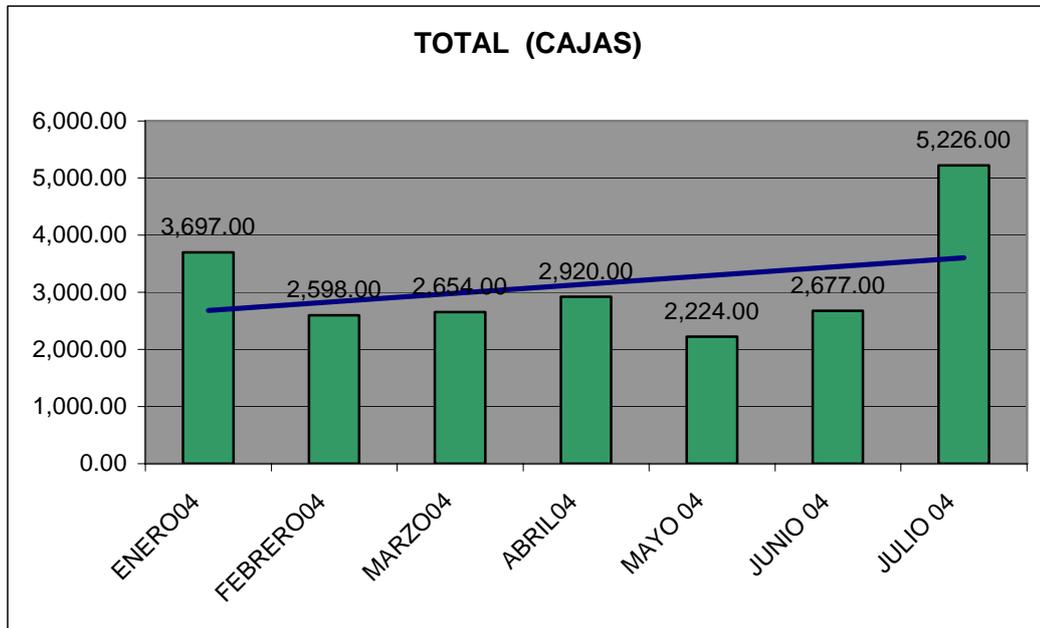
Figura 8. Problemas de palets en transporte



Fuente: Hoja de información departamento de empaque

A continuación se presenta una tabla (figura 9) que muestra gráficamente el estudio del total mensual de cajas que se devuelven debido a daños en el manejo.

Figura 9. Gráfica de devolución de productos por daños.



Fuente: Tabla de productos con daños departamento de empaque

3 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS A LA COMPRESIÓN DE EMPAQUES DE CARTÓN CORRUGADO

Las pruebas que se utilizarán para evaluar el cartón corrugado, como se menciona en el capítulo 1 corresponden a pruebas de resistencia a la compresión vertical (R.C.V) o B.C.T. para ello tomaremos algunos criterios previos a la evaluación que se describen a continuación:

3.1 Metodología a utilizar para evaluación

Cada uno de los corrugados que se utilizan tienen diferentes características. Esto nos ayudara a diferenciar las pruebas que se realizarán, entre las características tenemos:

- a. medidas, están colocadas en dos pestañas del corrugado y corresponden al largo , ancho y alto,
- b. factor de resistencia, actualmente se coloca un sello en una de las pestañas de abajo donde nos indica la resistencia a la estiba ECT,
- c. producto, está identificado en las 4 caras laterales por categoría, marca, variante además de esto cada cara tiene un código asignado a cada producto , es importante resaltar que un corrugado puede tener las mismas medidas y factor de resistencia pero el contenido puede variar y esto es un factor de diferencia, a la hora de realizar una prueba,

d. código del corrugado, cada uno de los corrugados a evaluar esta diferenciado por un código asignado de la siguiente manera tres letras “PGT “ y a continuación 5 números que corresponden al código del producto después se agregan la siguiente numeración “00032” que define este material como un empaque de cartón corrugado, de existir una modificación en este mismo empaque de cartón corrugado se crean versiones sumando 100 a este ultimo número. Ejemplo: antes PGT5444300032 se hizo una modificación en medidas y ahora el nuevo código es PGT5444300132.

En el listado de compra existen por lo menos 200 corrugados de diferentes productos en todas las plantas, el número de pedidos varía de uno a otro, a continuación se presenta la forma en que se evaluarán estos lotes de empaques de cartón corrugado:

3.1.1 Criterios para elección de listado corrugados a evaluar

El criterio que tomaremos para esta evaluación será el de evaluar aquellos corrugados que representan el mayor volumen de compra en la empresa, esto se definió de esta manera porque aquí es donde podemos encontrar la mayor causa de problemas o el mayor ahorro si existiera.

3.1.2 Muestreo de corrugados

Para determinar el número de unidades para el análisis tomamos como referencia la guía que muestra el comité de Pruebas para Cajas de Cartón para Embarque de la División de Cajas Corrugadas TAPPI T 804, que dicta en el inciso 5 lo siguiente:

- a. evaluar cinco cajas representativas para cada dirección especificada como mínimo. Seleccione solamente las cajas que no tienen daños a consecuencia del manejo previo,
- b. preacondicionar las cajas sin sellar para tener la seguridad de que el contenido de humedad del cartón es de un 6 % o menos,
- c. preparar la muestra de la siguiente forma: Encuadrar la lámina por trabajar de la caja y doblar una de las cuatro tapas del fondo 180 grados hacia atrás en la línea de incisión hasta que la tapa toque su lado de la caja. Inserte una lámina selladora o coloque la caja sobre un instrumento sellador, cualquiera que sea el método de sellado que se emplee, luego doble las tapas internas 270 grados delante a la posición normal de cierre, evite distorsiones y desencuadramientos porque esto afectará la capacidad de las cajas para llevar la carga.

3.1.3 Tabla de datos y condiciones de prueba

Se debe tener una atmósfera estándar de prueba y acondicionamiento para papel, cartón, hojas de pulpa y productos afines según TAPPI T 402: preacondicionar las muestras de prueba para que logren el contenido de humedad de equilibrio en condiciones estándar en estado seco y luego acondicionar durante 24 horas como mínimo.

La tabla que a continuación se presenta es la que contiene el listado de corrugados a evaluar y es donde se escribirán los diferentes resultados que nos proporcionen las pruebas.

Tabla I. Listado de corrugados a evaluar.

No.	CODIGO	LARGO	ANCHO	ALTO					
					CAJA # 1	CAJA # 2	CAJA # 3	CAJA # 4	CAJA # 5
					BCT (KG)				
1	PGT1312100032								
2	PGT2304300032								
3	PGT2304700032								
4	PGT1313300032								
5	PGT0046100032								
6	PGT0046500032								
7	PGT2310200032								
8	PGT2309700032								
9	PGT1208800032								
10	PGT3001400032								
11	PGT3001300032								
12	PGT3004700032								
13	PGT4800000032								
14	PGT3004100032								
15	PGT3044100032								
16	PGT3185100032								
17	PGT3001496532								
18	PGT3004300132								
19	PGT3004100132								
20	PGT3143097032								
21	PGT3142495632								
22	PGT2603200132								
23	PGT2603300132								
24	PGT2613600032								
25	PGT0044300032								
26	PGT0020400032								
27	PGT0044100032								
28	PGT0044000032								
29	PGT0031600032								
30	PGT0043900032								
31	PGT0044200032								
32	PGT1066300032								
33	PGT1064100032								
34	PGT1068900032								
35	PGT9124300032								
36	PGT9122600032								
37	PGT1067900032								

Continuación

38	PGT9122900032								
39	PGT4200300032								
40	PGT9119900032								
41	PGT9123000032								
42	PGT1001900132								
43	PGT1068900132								
44	PGT9123200032								
45	PGT9216800032								
46	PGT0019900032								
47	PGT0008000032								
48	PGT 2601800032								
49	PGT3691300032								
50	PGT3691400032								
51	PGT5097600032								
52	PGT1314500032								
53	PGT0055700032								
54	PGT0056200032								
55	PGT0055500032								
56	PGT0055800032								
57	PGT0055600032								
58	PGT0053200032								
59	PGT2305100032								
60	PGT2420600032								
61	PGT0057900032								
62	PGT2635900032								
63	PGT2603200232								
64	PGT2603600132								
65	PGT0053300132								
66	PGT3397900132								
67	PGT2613000132								
68	PGT2401500032								
69	PGT0031700032								
70	PGT2203400032								
71	PGT2309900032								
72	PGT2304500032								
73	PGT3001200032								
74	PGT3003900032								
75	PGT3073200032								
76	PGT3004196132								
77	PGT3004796132								
78	PGT3004600032								
79	PGT3004000132								

Fuente : Listado de corrugados departamento de empaque

3.2 Resultados de pruebas a la compresión vertical

Los resultados obtenidos de estas pruebas se detallan a continuación:

3.2.1 Tablas con resultados de pruebas de resistencia a la compresión

A continuación se muestra una tabla conteniendo los resultados de las pruebas a la compresión vertical BCT en Kilogramos fuerza realizadas en la maquina de compresión vertical en el laboratorio del departamento de empaque.

Tabla II. Listado de resultado de pruebas a la compresión vertical

No.	CODIGO	CAJA # 1	CAJA # 2	CAJA # 3	CAJA # 4	CAJA # 5	Promedio
		BCT (KG)	BCT				
1	PGT1312100032	261.27	195.04	250.38	223.62	200.48	226.16
2	PGT2304300032	237.23	264.89	236.32	284.40	259.00	256.37
3	PGT2304700032	442.25	474.91	537.50	413.00	460.84	465.70
4	PGT1313300032	442.25	474.91	537.50	413.00	460.84	465.70
5	PGT0046100032	438.00	492.40	440.00	460.00	411.00	448.28
6	PGT0046500032	438.00	492.40	440.00	460.00	411.00	448.28
7	PGT2310200032	438.00	492.40	440.00	460.00	411.00	448.28
8	PGT2309700032	370.00	335.40	386.00	419.00	361.00	374.28
9	PGT1208800032	190.69	173.27	188.42	186.11	190.92	185.00
10	PGT3001400032	334.78	356.52	319.78	351.08	388.72	350.18
11	PGT3001300032	250.11	231.33	251.06	256.05	236.32	540.08
12	PGT3004700032	145.38	194.00	144.15	168.78	163.25	163.11
13	PGT4800000032	145.38	194.00	144.15	168.78	163.25	163.11
14	PGT3004100032	145.38	194.00	144.15	168.78	163.25	163.11
15	PGT3044100032	145.38	194.00	144.15	168.78	163.25	163.11
16	PGT3185100032	129.77	123.83	137.57	130.91	124.65	129.35
17	PGT3001496532	247.66	257.60	258.09	301.60	251.29	263.25
18	PGT3004300132	196.13	193.32	208.02	203.89	196.81	199.64
19	PGT3004100132	200.99	188.88	189.33	171.41	193.91	188.90
20	PGT3143097032	149.68	166.01	147.41	146.50	147.87	151.49

Continuación

No.	CODIGO	CAJA # 1	CAJA # 2	CAJA # 3	CAJA # 4	CAJA # 5	Promedio
		BCT (KG)	BCT				
21	PGT3142495632	201.30	198.67	175.00	182.30	204.98	192.45
22	PGT2603200132	228.61	229.50	221.81	233.14	215.00	225.61
23	PGT2603300132	198.22	208.19	215.91	215.00	219.08	211.28
24	PGT2613600032	136.12	153.13	140.93	152.91	149.55	146.53
25	PGT0044300032	114.58	127.64	116.30	115.85	125.51	119.98
26	PGT0020400032	181.00	147.00	164.00	139.00	177.00	161.60
27	PGT0044100032	121.56	136.07	122.46	147.41	140.61	133.62
28	PGT0044000032	136.85	129.86	140.21	118.57	139.57	133.01
29	PGT0031600032	136.85	129.86	140.21	118.57	139.57	133.01
30	PGT0043900032	145.06	157.22	117.89	129.46	120.25	133.97
31	PGT0044200032	135.00	155.00	152.00	142.00	127.00	142.20
32	PGT1066300032	166.00	157.00	161.00	196.00	166.00	169.20
33	PGT1064100032	188.00	190.00	183.00	177.00	183.00	184.20
34	PGT1068900032	263.00	227.00	227.00	225.00	252.00	238.80
35	PGT9124300032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
36	PGT9122600032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
37	PGT1067900032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
38	PGT9122900032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
39	PGT4200300032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
40	PGT9119900032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
41	PGT9123000032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
42	PGT1001900132	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
43	PGT1068900132	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
44	PGT9123200032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
45	PGT9216800032	180.58	200.08	194.95	199.26	184.02	191.78
46	PGT0019900032	140.00	152.00	145.00	152.00	152.00	148.20
47	PGT0008000032	128.82	129.73	141.97	127.46	126.10	130.82
48	PGT 2601800032	148.00	124.00	142.00	144.00	138.00	139.20
49	PGT3691300032	119.16	119.66	123.83	120.84	109.86	118.67
50	PGT3691400032	119.16	119.66	123.83	120.84	109.86	118.67
51	PGT5097600032	137.89	146.06	156.04	136.53	142.88	143.88
52	PGT1314500032	244.03	263.54	266.26	254.01	268.98	259.36
53	PGT0055700032	262.17	240.40	223.62	230.42	219.54	235.23
54	PGT0056200032	351.53	337.90	318.42	323.86	299.82	326.31
55	PGT0055500032	295.00	280.00	287.00	276.00	290.00	285.64
56	PGT0055800032	295.00	280.00	287.00	276.00	290.00	285.64
57	PGT0055600032	295.00	280.00	287.00	276.00	290.00	285.64
58	PGT0053200032	272.61	252.20	262.63	249.92	258.09	259.09

Continuación

59	PGT2305100032	297.00	305.00	303.00	301.00	295.00	300.20
60	PGT2420600032	439.98	439.07	472.19	510.29	460.85	464.48
61	PGT0057900032	287.57	356.97	323.41	307.53	312.52	317.60
62	PGT2635900032	247.00	297.00	263.00	279.00	287.00	274.60
63	PGT2603200232	204.00	215.00	208.00	215.00	210.00	210.40
64	PGT2603600132	180.07	160.12	159.21	167.83	151.05	163.65
65	PGT0053300132	311.00	296.00	320.00	286.00	269.00	296.40
66	PGT3397900132	214.00	266.00	201.00	236.00	252.00	233.80
67	PGT2613000132	274.00	298.00	280.00	298.00	265.00	283.00
68	PGT2401500032	180.08	173.27	170.55	172.82	178.72	175.09
69	PGT0031700032	145.29	133.90	159.48	148.73	146.56	323.62
70	PGT2203400032	298.06	269.03	269.93	252.06	286.76	274.14
71	PGT2309900032	268.00	250.00	232.00	261.00	253.00	252.80
72	PGT2304500032	247.20	253.10	266.71	257.64	240.40	253.01
73	PGT3001200032	162.75	153.86	127.91	157.62	165.06	153.44
74	PGT3003900032	162.75	153.86	127.91	157.62	165.06	153.44
75	PGT3073200032	162.75	153.86	127.91	157.62	165.06	153.44
76	PGT3004196132	174.36	154.72	165.33	143.56	134.17	154.43
77	PGT3004796132	174.36	154.72	165.33	143.56	134.17	154.43
78	PGT3004600032	181.62	187.83	181.62	194.82	195.00	188.18
79	PGT3004000132	201.10	202.60	193.70	197.40	225.40	204.04

Fuente: Listado de resultados de pruebas BCT del laboratorio de empaque.

3.2.2 Cálculo de resistencias requeridas

La fórmula para el cálculo de resistencia requerida se detalla a continuación:

BCT requerido = (No. De cajas arriba de la última caja del palet) x (peso Bruto de la caja) x (Factor de seguridad).

Ejemplo: BCT Requerido = (13) x (7.63) x (3.95) = 391.8 Kg. f

Para el cálculo de número de cajas se debe de considerar el patrón de paletizado que aparece en la impresión de la caja de cartón corrugado.

Se debe recabar información también respecto al peso bruto de la caja.

Para el cálculo del factor de seguridad se debe de tomar en cuenta varios factores multiplicadores que se detallan a continuación:

a. Factor de humedad

Se debe de considerar una humedad promedio, dependiendo del destino del producto. La tabla que a continuación se presenta muestra los valores de humedad desde 0 hasta 100. En la columna 4 aparece el factor multiplicador que se debe asignar dependiendo de la humedad considerada.

Tabla III. Factor de humedad relativa

Factor de Humedad Relativa (%)			
No.	De %	A %	Factor
1	0	35	1.00
2	36	45	1.00
3	46	55	0.80
4	56	65	0.80
5	66	75	0.50
6	76	85	0.50
7	86	100	0.35

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

b. Factor de sobresaliente en palet

Aquí se debe de verificar visualmente el patrón de paletizado, si las cajas están fuera o dentro del área de la tarima. En la columna 3 de la tabla IV se muestra que porcentaje de la caja está fuera de la tarima y en la columna 4 el factor multiplicador que se debe asignar dependiendo del caso.

Tabla IV. Factor de sobresaliente en palet

Factor Sobresaliente Palet

No.	Corrugados en palet	%	Factor
1	ninguno fuera	0	1.00
2	arriba de	0.25	0.90
3	arriba de	0.75	0.80

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

c. Factor de amarre en estiba

Este punto se refiere a que tipo de patrón de paletizado se esta empleando en cada uno de los productos a evaluar si este es columnar(alineado) o con amarre. La columna 4 de la siguiente tabla muestra el factor multiplicador dependiendo del caso.

Tabla V. Factor de amarre en estiba

Factor de Amarre en estiba

No.	Corrugados en estiba	Factor
1	Alineado	1.00
2	Amarre	0.60

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

d. Factor de tiempo de almacenamiento

Para este factor se debe de considerar el tiempo de venta del producto, para este punto se hablo con el personal del departamento de logística para conocer el tiempo de pedidos de cada uno de los productos y tener un estimado de almacenamiento en bodegas de producto terminado en cada país. La columna 2 y 3 de la siguiente tabla muestra el número de días de almacenamiento y la columna 4 da el factor multiplicador dependiendo del caso.

Tabla VI. Factor de tiempo de almacenamiento

Factor de Tiempo Almacenamiento

No.	De días	A días	Factor
1	0		1.00
2	1	3	0.70
3	4	10	0.65
4	11	30	0.60
5	31	60	0.55
6	61	90	0.55
7	91	120	0.35
8	Mas de	121	0.35

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

e. Factor de posición corrugado

Este punto se refiere a la forma de colocar el corrugado en la tarima si es de lado, vertical (final) o sobre su base. Para este proyecto se verificó que todos los corrugados son colocados sobre su base.

Tabla VII. Factor de posición de corrugado

Factor de Posición Corrugado

No.	Corrugado en palet	Factor
1	Vertical	0.80
2	Lado	0.90
3	Base	1.00

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

f. Factor superficie de tarima

Este factor nos habla si la superficie de la tarima es sólido o con hendiduras.

Tabla VIII. Tabla Factor superficie de palet

Factor Superficie Palet

No.	Tipo superficie	Factor
1	No solido	0.92
2	Sólido	1.00

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

g. Factor tipo de corrugado

Dependiendo del tipo de corrugado se asigna un factor multiplicador, estos pueden ser RSC por sus siglas en ingles Regular Slotted Container que es una caja común y cajas troqueladas. Existen otros tipos de cajas pero en este proyecto sólo se identificaron estas dos.

Tabla IX. Factor tipo de corrugado

Tipo de Corrugado		
No.	Corrugado	Factor
1	RSC	1.00
2	Troquelada	0.90

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

h. Factor proporción de corrugado

Dependiendo de las medidas del corrugado se hace una relación de largo (L), Ancho (W) y Alto (H) y se asigna el factor multiplicador que aparece en la columna 4 de la tabla X.

Tabla X. Factor proporción de corrugado

Factor Proporción Corrugado		
No.	Relación de medidas	Factor
1	$L \geq H, H > 1.5 \times W$	95.00
2	$L > H, W > 1.5 \times H$	1.00
3	$L \geq H, W \leq 1.5 \times H \ \&\& \ H \leq 1.5 \times W$	1.00
4	$H > L$	1.05

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

i. Factor de impresión corrugado.

Cuando una caja lleva un sólo tipo de tinta se considera como impresión simple; dos colores, medio; cuatro colores, complicado y cuando es impresa en su totalidad se considera como cobertura total.

Tabla XI. Factor de impresión de corrugado

Factor de Impresión Corrugado		
No.	Impresión	Factor
1	Simple	1.00
2	Medio	0.90
3	Complicado	0.80
4	Cobertura Total	0.70

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

j. Factor orientación de la flauta.

Para este caso todos los corrugados tienen una orientación de flauta vertical. A continuación se muestra la tabla para este factor:

Tabla XII. Factor orientación de flauta.

Orientación de Flauta		
No.	Dirección	Factor
1	Base (Horizontal)	0.80
2	Altura (Vertical)	1.00

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

Para el cálculo del factor de seguridad se divide 1 entre la multiplicación de todos los factores que se consideraron en las tablas de número III a XII. La tabla a continuación muestra un ejemplo del cálculo del factor de seguridad que utilizaremos para la determinación de la resistencia requerida para este proyecto.

Tabla XIII. Calculo del factor de seguridad

Factor Humedad Relativa	Factor Sobresaliente Tarima	Factor de Paletizado (Amarre)	Tiempo de Almacenaje	Factor de Orientación corrugado	Superficie el Pallet	Tipo de Caja	Factor de Proporción Corrugado	Factor de Impresión	Orientación de Flauta	FACTOR DE SEGURIDAD
0.5	1	1	0.55	1	0.92	1	1	1	1	3.9525692

Fuente : Hoja de factores de seguridad departamento de empaque.

Factor de seguridad = $(1 / (0.5 \times 1 \times 1 \times 0.55 \times 1 \times 0.92 \times 1 \times 1 \times 1)) = 3.95$

3.2.3 Resistencia real versus resistencia requerida.

La siguiente tabla detalla la diferencia de la resistencia real, según pruebas realizadas de BCT versus la resistencia requerida según calculo teórico aplicando factor de seguridad.

Tabla XIV. Resistencia real vrs resistencia requerida

Peso Bruto	Cjs x Capa	Capas x palet	Cjs x palet	Código	BCT REAL	BCT REQUERIDO	BCT REQ./BCT REAL
12.03	15	3	45	PGT1312100032	226.16	237.75	1.05
13.38	9	4	36	PGT2304300032	256.37	370.09	1.44
7.63	8	7	56	PGT2304700032	465.70	392.21	0.84
7.63	8	7	56	PGT1313300032	465.70	392.21	0.84
7.63	8	7	56	PGT0046100032	448.28	392.21	0.87
7.63	8	7	56	PGT0046500032	448.28	392.21	0.87
7.63	8	7	56	PGT2310200032	448.28	392.21	0.87

Continuación

7.63	8	7	56	PGT2309700032	448.28	392.21	0.87
6.33	21	6	126	PGT1208800032	185.30	275.30	1.49
7.50	6	8	48	PGT3001400032	350.18	444.49	1.27
13.43	6	6	36	PGT3001300032	540.08	583.83	1.08
11.57	9	4	36	PGT3004700032	163.11	320.12	1.96
11.57	9	4	36	PGT4800000032	163.11	320.12	1.96
11.57	9	4	36	PGT3004100032	163.11	320.12	1.96
11.57	9	4	36	PGT3044100032	163.11	320.12	1.96
1.14	24	4	96	PGT3185100032	129.35	31.62	0.24
8.39	6	7	42	PGT3001496532	263.25	431.11	1.64
1.81	8	7	56	PGT3004300132	199.64	92.75	0.46
1.46	10	6	60	PGT3004100132	188.90	63.48	0.34
1.43	25	5	125	PGT3143097032	151.49	50.87	0.34
6.82	10	4	40	PGT3142495632	192.45	188.64	0.98
8.90	10	4	40	PGT2603200132	225.61	246.25	1.09
14.09	8	4	32	PGT2603300132	211.28	389.84	1.85
5.65	20	6	120	PGT2613600032	146.53	245.65	1.68
6.77	32	4	128	PGT0044300032	119.98	187.31	1.56
6.83	28	5	140	PGT0020400032	161.60	242.93	1.50
6.75	28	5	140	PGT0044100032	133.62	240.08	1.80
6.75	30	5	150	PGT0044000032	133.01	240.12	1.81
6.75	30	5	150	PGT0031600032	133.01	240.12	1.81
6.74	15	8	120	PGT0043900032	133.97	399.60	2.98
6.76	28	6	168	PGT0044200032	142.20	294.00	2.07
11.70	15	4	60	PGT1066300032	169.20	323.63	1.91
12.76	12	4	60	PGT1064100032	184.20	353.04	1.92
12.80	12	4	60	PGT1068900032	238.80	354.21	1.48
12.77	12	5	60	PGT9124300032	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT9122600032	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT1067900032	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT9122900032	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT4200300032	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT9119900032	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT9123000032	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT1001900132	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT1068900132	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT9123200032	191.78	454.20	2.37
12.77	12	5	60	PGT9216800032	191.78	454.20	2.37
7.80	28	5	140	PGT0019900032	148.20	277.47	1.87
9.26	24	4	96	PGT0008000032	130.82	256.21	1.96
6.98	21	7	147	PGT2601800032	139.20	358.55	2.58

Continuación

1.13	25	4	100	PGT3691300032	118.67	31.26	0.26
1.13	25	4	100	PGT3691400032	118.67	31.26	0.26
1.31	15	7	105	PGT5097600032	143.88	67.31	0.47
11.64	9	4	36	PGT1314500032	259.36	322.06	1.24
12.35	8	5	40	PGT0055700032	235.23	439.33	1.87
11.85	11	3	33	PGT0056200032	326.31	234.19	0.72
12.35	8	5	40	PGT0055500032	285.64	439.33	1.54
12.35	8	5	40	PGT0055800032	285.64	439.33	1.54
12.35	8	5	40	PGT0055600032	285.64	439.33	1.54
12.50	12	3	36	PGT0053200032	259.09	247.04	0.95
12.43	12	3	36	PGT2305100032	300.20	245.71	0.82
13.27	12	3	36	PGT2420600032	464.48	262.25	0.56
17.24	10	3	30	PGT0057900032	317.60	340.71	1.07
12.51	7	5	35	PGT2635900032	274.60	445.09	1.62
13.00	10	4	40	PGT2603200232	210.40	359.68	1.71
3.97	15	7	105	PGT2603600132	163.65	203.99	1.25
12.63	8	4	32	PGT0053300132	296.40	349.45	1.18
12.63	10	3	30	PGT3397900132	233.80	249.60	1.07
8.66	15	6	90	PGT2613000132	283.00	376.52	1.33
11.99	20	5	100	PGT2401500032	175.09	426.45	2.44
7.30	18	9	162	PGT0031700032	323.62	490.51	1.52
6.58	18	5	90	PGT2203400032	274.14	233.96	0.85
13.26	12	3	36	PGT2309900032	252.80	261.98	1.04
13.37	12	3	36	PGT2304500032	253.01	264.23	1.04
13.46	9	5	45	PGT3001200032	153.44	478.96	3.12
13.46	9	5	45	PGT3003900032	153.44	478.96	3.12
13.46	9	5	45	PGT3073200032	153.44	478.96	3.12
10.73	9	4	36	PGT3004196132	154.43	296.88	1.92
10.73	9	4	36	PGT3004796132	154.43	296.88	1.92
16.70	8	4	32	PGT3004600032	188.18	462.06	2.46
1.81	9	7	63	PGT3004000132	204.04	92.75	0.45

Fuente: Listado de resultados de análisis departamento de empaque.

4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

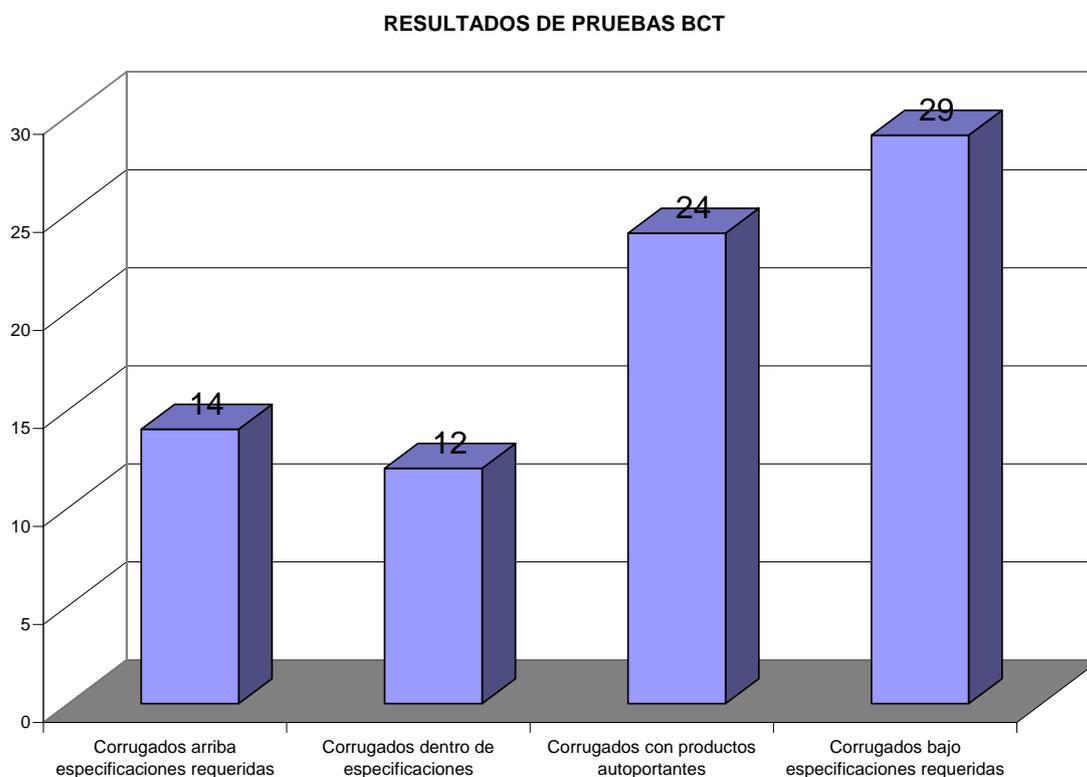
Después de haber realizado las pruebas de compresión de empaques de cartón corrugado, se realizó la evaluación de los datos de las tablas de resistencias.

4.1 Evaluación de datos de resistencia

La evaluación de los datos de las tablas es en base de aquellos corrugados que presentan datos por arriba de su resistencia requerida y de aquellos que están muy por debajo si encontramos datos que están dentro de un porcentaje del **+/- 5 %** estos datos no se tomarán como representativos. Dentro de este análisis también se muestran varios corrugados por debajo de la resistencia requerida pero no se ha reportado daños en su transporte esto sucede debido a que la mayoría de ellos es el producto el que ayuda a la resistencia vertical este tipo de productos son denominados autoportantes.

A continuación se presenta un gráfico donde se resume el análisis realizado.

Figura 10. Gráfica resultado de pruebas de BCT



Fuente: Resultados de pruebas BCT del laboratorio de empaque.

4.1.1 Análisis de empaques de cartón corrugado con resistencia por debajo de lo requerido

Los corrugados que presentan resistencia y posible mejora de resistencia se detallan en la siguiente tabla, cabe mencionar también que hasta el momento no se tiene reporte de daños en el transporte de este producto, pero se recomienda monitorearlos, y de encontrarse algún problema aumentar la resistencia vertical.

Tabla XV. Empaques con resistencia por debajo de lo requerido.

No.	CODIGO	BCT REAL	BCT REQUERIDO	CONCLUSION
1	PGT1312100032	226.16	237.75	Monitorear bajo Espec.
2	PGT2304300032	256.37	370.09	Monitorear bajo Espec.
9	PGT1208800032	185.30	275.30	Monitorear bajo Espec.
10	PGT3001400032	350.18	444.49	Monitorear bajo Espec.
12	PGT3004700032	163.11	320.12	Monitorear bajo Espec.
13	PGT4800000032	163.11	320.12	Monitorear bajo Espec.
14	PGT3004100032	163.11	320.12	Monitorear bajo Espec.
15	PGT3044100032	163.11	320.12	Monitorear bajo Espec.
17	PGT3001496532	263.25	431.11	Monitorear bajo Espec.
23	PGT2603300132	211.28	389.84	Monitorear bajo Espec.
24	PGT2613600032	146.53	245.65	Monitorear bajo Espec.
52	PGT1314500032	259.36	322.06	Monitorear bajo Espec.
53	PGT0055700032	235.23	439.33	Monitorear bajo Espec.
55	PGT0055500032	285.64	439.33	Monitorear bajo Espec.
56	PGT0055800032	285.64	439.33	Monitorear bajo Espec.
57	PGT0055600032	285.64	439.33	Monitorear bajo Espec.
62	PGT2635900032	274.60	445.09	Monitorear bajo Espec.
63	PGT2603200232	210.40	359.68	Monitorear bajo Espec.

continuación

No.	CODIGO	BCT REAL	BCT REQUERIDO	CONCLUSION
64	PGT2603600132	163.65	203.99	Monitorear bajo Espec.
65	PGT0053300132	296.40	349.45	Monitorear bajo Espec.
67	PGT2613000132	283.00	376.52	Monitorear bajo Espec.
68	PGT2401500032	175.09	426.45	Monitorear bajo Espec.
69	PGT0031700032	323.62	490.51	Monitorear bajo Espec.
73	PGT3001200032	153.44	478.96	Monitorear bajo Espec.
74	PGT3003900032	153.44	478.96	Monitorear bajo Espec.
75	PGT3073200032	153.44	478.96	Monitorear bajo Espec.
76	PGT3004196132	154.43	296.88	Monitorear bajo Espec.
77	PGT3004796132	154.43	296.88	Monitorear bajo Espec.
78	PGT3004600032	188.18	462.06	Monitorear bajo Espec.

Fuente: Listado de resultados de pruebas BCT del laboratorio de empaque.

4.1.2 Análisis de empaques de cartón corrugado con resistencia por arriba de lo requerido

Los corrugados que presentan resistencia vertical por arriba de lo requerido por contar con un alto calibre y posible mejora por tener un mal diseño se detallan en la tabla XVI a continuación:

Tabla XVI. Empaques con resistencia por arriba de lo requerido.

No.	CODIGO	BCT REAL	BCT REQUERIDO	CONCLUSION
3	PGT2304700032	465.70	392.21	Cambio
4	PGT1313300032	465.70	392.21	Cambio
5	PGT0046100032	448.28	392.21	Cambio
6	PGT0046500032	448.28	392.21	Cambio
7	PGT2310200032	448.28	392.21	Cambio
8	PGT2309700032	448.28	392.21	Cambio
18	PGT3004300132	199.64	92.75	Cambio
19	PGT3004100132	188.90	63.48	Cambio
21	PGT3142495632	192.45	188.64	Cambio
51	PGT5097600032	143.88	67.31	Cambio
54	PGT0056200032	326.31	234.19	Cambio
59	PGT2305100032	300.20	245.71	Cambio
60	PGT2420600032	464.48	262.25	Cambio
79	PGT3004000132	204.04	92.75	Cambio

Fuente: Listado de resultados de pruebas BCT del laboratorio de empaque.

4.1.3 Cálculo del costo del empaque de cartón corrugado

El cálculo del costo del empaque de cartón corrugado se detalla en la siguiente formula:

$$\text{PRECIO CAJA DE CARTON CORRUGADO} = (\text{PRECIO MILLAR}) \times (\text{ÁREA TOTAL CAJA} / 1000)$$

El Precio del millar es con base a la resistencia.

ÁREA CAJA DE CARTON CORRUGADA = (2 X LARGO + 2 X ANCHO + 0.05) (ANCHO + ALTO + 0.014)

Si existiera particiones dentro del corrugado se debe calcular el área de cada una de las particiones y sumarla al área de la caja.

ÁREA PARTICIÓN = (Largo + Ancho)

Ejemplo cálculo de área de una caja de cartón corrugado.

Medidas Caja: 0.435 m largo, 0.275 ancho, 0.127 alto

Medidas Partición: 0.273 largo, 0.127 ancho (2 particiones por caja)

Área Caja = (2 (0.435)+ 2 (0.275) + 0.05) (0.275 + 0.127 + 0.014) = 0.6115 m

Área Partición = (0.273) (0.127) = 0.034 x 2 = 0.0693 m

Área Total = 0.6115+ 0.0693 = 0.6808 m

4.1.4 Posibles costos o ahorros por cambio de resistencia

A continuación se detalla el cálculo de ahorro de los empaques de cartón corrugado con posible cambio de resistencia. El 86 % del ahorro total lo generan los primeros seis empaques de cartón corrugado a los cuales se propone un cambio de medidas (antes: 435 largo, 275 ancho y 127 alto; nuevas medidas: 275 largo, 218 ancho y 254 alto) y eliminación de las particiones. Con este nuevo diseño aparte de generar un ahorro en costo también se mejora una eficiencia en línea ya que se elimina la operación de colocación de particiones en el empaque de cartón corrugado.

Tabla XVII. Empaques con resistencia por arriba de lo requerido / cálculo de ahorro.

ANALISIS ECONOMICO											
No.	CODIGO	BCT REAL	BCT REQUERIDO	BCT REQ./ BCT REAL	ACTUAL PRECIO Unidad (\$)	ECT CORR PROPUESTA	ECT PARTICION. PROP	NUEVO PRECIO POR UNIDAD	AHORRO POR UNIDAD (\$)	CONSUMO PROMED. AÑO	AHORRO POR AÑO (\$)
3	PGT2304700032	465.70	392.21	0.84	0.44	40	Sin Part.	0.35	0.09	437022	37557.13
4	PGT1313300032	465.70	392.21	0.84	0.44	40	Sin Part.	0.35	0.09	107143	9207.74
5	PGT0046100032	448.28	392.21	0.87	0.44	40	Sin Part.	0.35	0.09	87,615	7529.52
6	PGT0046500032	448.28	392.21	0.87	0.44	40	Sin Part.	0.35	0.09	73,575	6322.94
7	PGT2310200032	448.28	392.21	0.87	0.44	40	Sin Part.	0.35	0.09	26000	2234.41
8	PGT2309700032	448.28	392.21	0.87	0.44	40	Sin Part.	0.35	0.08	22419	1898.59
18	PGT3004300132	199.64	92.75	0.46	0.42	23		0.39	0.03	28000	957.45
19	PGT3004100132	188.90	63.48	0.34	0.37	23		0.30	0.08	37375	2872.33
21	PGT3142495632	192.45	188.64	0.98	0.33	26		0.31	0.02	50000	1000.00
51	PGT5097600032	143.88	67.31	0.47	0.26	23		0.24	0.03	16000	434.21
54	PGT0056200032	326.31	234.19	0.72	0.53	23	32	0.48	0.04	33000	1411.56
59	PGT2305100032	300.20	245.71	0.82	0.61	29		0.60	0.01	72000	711.23
60	PGT2420600032	464.48	262.25	0.56	0.64	23	32	0.61	0.04	45000	1663.15
79	PGT3004000132	204.04	92.75	0.45	0.42	23		0.39	0.03	33000	1124.33
											74924.596

Fuente: Listado de análisis departamento de compras.

4.2 Pruebas de transporte

Una vez determinado a qué corrugados se pueden optimizar su resistencia se debe de hacer pruebas antes de realizar y aprobar el cambio para el resto de los pedidos, es por ello que el departamento de empaque realiza unas pruebas denominadas “pruebas de transporte”, el propósito de estas pruebas es el de:

- a. confirmar que el sistema de embalaje usado, proteja al producto para que éste llegue al consumidor de una forma íntegra y con la calidad que sale de la planta,

- b. la prueba de transporte aplica para todo producto terminado que sale de las bodegas ya sea producto de exportación o de consumo interno.

4.2.1 Procedimiento de pruebas de transporte

La prueba de transporte está diseñada para representar las diferentes condiciones adversas a las que un palet está sujeto al momento de pasar por el proceso de distribución. Ejemplo:

- a. vibración,
- b. abrasión,
- c. deformación,
- e. shock mecánico,
- f. temperaturas extremas y/o variadas,
- g. humedad relativa extrema y/o variada,
- i. manejo normal de la tarima,

4.2.2 Puntos a evaluar en prueba de transporte

La prueba de transporte debe ser ejecutada con producto que es producido y aprobado para ser llenado en la línea de producción usando el equipo de acabado actual.

El producto debe ser enviado a los centros de distribución de ciudades que se consideren críticas. El producto debe ser enviado en sus condiciones normales de manejo y envío. Al palet de prueba no se le debe dar ningún tratamiento especial.

El palet (o palets) enviado debe coincidir exactamente con todas las especificaciones de empaque del mismo. Es decir, debe estar paletizado correctamente, debe tener sus respectivos esquineros, debe tener fleje plástico bien colocado, etc. Se debe contar con un palet “testigo” que es un palet de producción normal.

A continuación se detallan los puntos a evaluar en la prueba de transporte:

- a. Tomar fotografías de los palets a su llegada a la bodega.
- b. Inspeccionar el estado general de los corrugados, evaluando si existen corrugados dañados y si el daño se debe a golpes o a colapsamiento del corrugado.
- c. Revisar completamente la primera cama del palet, realizando una revisión del 100% del producto que contienen los empaques de cartón corrugado.
- d. De las camas restantes muestrear 10 cajas, de la siguiente manera: 8 cajas de las esquinas restantes y 2 cajas aleatorias de la última cama.
- e. Tomar fotografías de los defectos encontrados y si amerita, enviar muestras de los mismos.

4.2.3 Reportes de pruebas de transporte

Al recibir la prueba de transporte se deben de enviar tres reportes de vuelta para conocer los resultados de estas pruebas:

- a. PEE: procedimiento de evaluación específico,
- b. reporte de calidad (quality rating bodega de recepción)
- c. reporte de prueba de transporte.

4.2.4 Evaluación de reportes de pruebas de transporte

Se enviaron pruebas para cambio de resistencia de 6 corrugados, en el anexo I se muestra a detalle un reporte de una de estas pruebas de transporte.

Después de haber revisado los reportes de estas pruebas se concluye que el cambio de la resistencia para este empaque de cartón corrugado queda validado por lo que se puede proceder informando al departamento de compras, al planificador de planta y a los técnicos del laboratorio de empaque respecto al cambio en especificaciones, así mismo se debe coordinar con el proveedor la fecha en la que se implementará este cambio.

5 MEJORA CONTINUA Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Para que un proyecto tenga resultados positivos se debe presentar un plan de seguimiento y puntos de mejora de los sistemas actuales, es por ello que este capítulo enseña una nueva forma para diseñar empaques de cartón corrugado y programa de seguimiento para implementar los cambios sugeridos.

5.1 Nuevos empaque de cartón corrugado

Como se menciona en el capítulo 2 es el asistente de empaque el encargado del diseño de empaques de cartón corrugado, actualmente se diseña un nuevo empaque utilizando un programa de computadora donde se ingresan dimensiones del producto a empacar y para saber que resistencia a la estiba (ECT) debe llevar el empaque de cartón corrugado se revisa en los archivos como aparecen los anteriores empaques similares al producto que se va a empacar y con base en eso se toma una decisión o se consulta con el proveedor de corrugados acerca de la resistencia a la estiba (ECT) sugerida para este nuevo corrugado.

5.1.1 Puntos de aprendizaje

El sistema actual para el cálculo de la resistencia de la estiba (ECT) puede ser mejorado ya que encontramos muchos empaques de cartón corrugado que tienen resistencia por debajo de lo requerida y que por el momento no se han reportado daños pero que deben de ser monitoreados para ver si no presentan futuros problemas en bodegas o durante el

transporte así mismo se encontraron otros que están por arriba de la resistencia requerida.

Otra técnica que se puede mejorar es la prueba de compresión vertical a todos los nuevos corrugados, previo a su utilización o en la primera producción, ya que esta prueba nos aseguraría que la resistencia de la estiba (ECT) asignada al empaque de cartón corrugado es la óptima.

5.1.2 Herramientas del sistema

Actualmente el departamento de empaque cuenta con un programa de computadora que se mencionó anteriormente para el diseño de empaques de nombre CAPE PACK que es un programa que ha sido diseñado para operar en una forma similar a otros programas tales como microsoft word. Este programa es de fácil uso con menús de barras y pantallas de ingresos.

Como word, CAPE PACK es un programa amigable, sencillo que abarca un gran espacio de soluciones para el diseño de empaques.

CAPE PACK es un grupo de programas diseñado para ayudar a resolver la mayoría de problemas de empaque. Como por ejemplo:

- a) ¿cuál es la mejor forma de cargar un producto en un palet. ?
- b) ¿cómo diseño el mejor tamaño de un empaque primario, tamaño caja?
- c) ¿cuántas cajas cabe en un palet?
- d) ¿cuántos palet caben un camión?
- e) ¿cuál carga es mas económica?
- f) ¿cómo puedo comunicar los resultados a mis colegas o clientes?

Ingresando los datos requeridos el programa tiene la capacidad de presentar varias alternativas de empaque rápidamente.

Este programa también tiene la capacidad de mostrar alternativas de resistencia a la estiba si así se le solicita. Es por ello que se recomienda el uso y se describe un nuevo procedimiento a continuación como parte de la mejora continua que con lleva este trabajo de graduación.

5.1.3 Nuevo procedimiento de diseño a la compresión vertical

El responsable para administrar este nuevo procedimiento seguirá siendo el asistente de empaque pero en cualquier momento los ingenieros de empaque pueden utilizarlo.

- a. Investigar peso bruto exacto de la unidad,
- b. conocer el número de unidades de empaque que llevará una caja
- c. con estos dos datos se conoce el Peso Bruto Total que contendrá el empaque de cartón corrugado multiplicando el Peso Bruto de la unidad por el número de unidades,
- d. abrir el programa CAPE PACK ,
- e. aquí aparece un submenú STRENGTH hacer clic allí y luego en OPTIONS en WORK WITH CASE,
- f. ingresar información de Peso Bruto , medidas en la pantalla de CASE COMPRESIÓN y luego dar un clic en la opción SOLVE,
- g. luego aparecerá una pantalla que indica que tipo de análisis necesitamos marcamos "by compression strength "y luego clic en SOLVE,

- h. hacer clic en la pestaña “single wall”, aquí se muestra la fuerza que soporta los corrugados de distintas flautas (A,B,C), elegir aquellas que aparecen con flauta C ya que es la flauta que trabaja el proveedor de corrugados.

5.2 Plan para implementación

Para mantener un seguimiento de este trabajo de graduación se presenta a continuación un plan para seguir realizando las pruebas de aquellos corrugados que pueden ser cambiados de resistencia a la compresión.

5.2.1 Tabla con listado de corrugados pendientes de cambio

Esta tabla muestra los corrugados que están pendientes de realizarse pruebas de transporte y las posibles fechas para implementación de estas pruebas.

Tabla XVIII. Tabla de tiempos para envío de pruebas de transporte

No.	CODIGO	SOLCITUD DE MUESTRAS	ENVIO DE SHIPPING TEST	Revisión tiempos
18	PGT3004300132	8/5/2005	8/6/2005	
19	PGT3004100132	8/5/2005	15/06/2005	
21	PGT3142495632	8/5/2005	15/06/2005	
51	PGT5097600032	10/5/2005	20/06/2005	
54	PGT0056200032	10/5/2005	20/06/2005	
59	PGT2305100032	10/5/2005	20/06/2005	
60	PGT2420600032	23/05/2005	27/6/2005	
79	PGT3004000132	23/05/2005	27/6/2005	

Fuente: Listado de resultados de pruebas BCT del laboratorio de empaque.

5.2.2 Revisión de tiempos de implementación

Para llevar un control de la implementación se presenta las siguientes fechas para la revisión de las pruebas de transporte y de obtener resultados positivos la solicitud del cambio de especificaciones al proveedor y la notificación al departamento de compras para el cambio de precio y el cálculo del ahorro anual.

Tabla XIX. Tabla de tiempos para implementación de cambios

No.	CODIGO	EVALUACION DE RESULTADOS	INICIO CAMBIO DE RESISTENCIA	Cambios Implementados
18	PGT3004300132	27/6/2005	Julio	
19	PGT3004100132	27/6/2005	Julio	
21	PGT3142495632	27/6/2005	Julio	
51	PGT5097600032	15/8/2005	Sept	
54	PGT0056200032	15/8/2005	Sept	
59	PGT2305100032	15/8/2005	Sept	
60	PGT2420600032	23/08/05	Sept	
79	PGT3004000132	23/08/05	Sept	

Fuente: Listado de resultados de pruebas BCT del laboratorio de empaque.

5.2.3 Asignación de tareas para implementación

Es responsabilidad del analista de empaque llevar a cabo el control y la implementación del cambio de las especificaciones de estos corrugados mostrados en la tabla XVIII.

Es responsabilidad de los técnicos del laboratorio de empaque llevar un control de las pruebas de transporte, así como de la verificación de los palets de prueba, rotulación y fotografías de los mismos al ser empacados al final de las líneas de llenado. El anexo II muestra un formato de revisión de palets para envío de prueba de transporte.

5.3 Auditorías periódicas de desempeño

Como se especificó en la tabla XV existen corrugados que deben ser monitoreados debido a sus resistencia a la estiba es por ello que a continuación se muestra un plan para la revisión y la asignación de responsable de los mismos.

Tabla XX. Tabla de tiempos monitoreo corrugados por debajo de resistencia a la compresión.

No.	CODIGO	# Respons.	Monitorear en Planta	CONCLUSION REVISION	Monitorear en Bodega PT	CONCLUSION REVISION
1	PGT1312100032	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
2	PGT2304300032	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
9	PGT1208800032	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
10	PGT3001400032	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
12	PGT3004700032	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
13	PGT4800000032	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
14	PGT3004100032	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
15	PGT3044100032	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
17	PGT3001496532	Técnicos Empaque	Mar '05		Mar '05	
23	PGT2603300132	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
24	PGT2613600032	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
52	PGT1314500032	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
53	PGT0055700032	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
55	PGT0055500032	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
56	PGT0055800032	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
57	PGT0055600032	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
62	PGT2635900032	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
63	PGT2603200232	Técnicos Empaque	Abr '05		Abr '05	
64	PGT2603600132	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
65	PGT0053300132	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
67	PGT2613000132	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
68	PGT2401500032	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
69	PGT0031700032	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
73	PGT3001200032	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
74	PGT3003900032	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
75	PGT3073200032	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
76	PGT3004196132	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
77	PGT3004796132	Técnicos Empaque	May '05		May '05	
78	PGT3004600032	Técnicos Empaque	May '05		May '05	

Fuente: Listado de resultados de pruebas BCT del laboratorio de empaque.

5.3.1 Responsable de auditorias de desempeño

Es responsabilidad del departamento de empaque monitorear el desempeño de los empaques de cartón corrugado, para ello se debe realizar auditorias mensuales en las distintas plantas manufactureras.

Los ingenieros de empaque deben realizar un plan para que los técnicos sean asignados a cada una de las plantas y revisar este desempeño, también es responsabilidad de ellos es reportar cualquier problema por mal procedimiento de empaque a los gerentes de planta o al gerente de distribución dependiendo del caso observado.

Los técnicos de empaque son los responsables de llevar estas auditorias en las plantas asignadas y de reportar estos resultados a los ingenieros de empaque.

5.3.2 Puntos a evaluar en auditorias

Los técnicos de empaque deben de reportar y evaluar durante las auditorias los puntos que se detallan a continuación:

- a. forma de empacar el producto en los empaques de cartón corrugado,
- b. forma de estibar las cajas en los palets,
- c. número de esquineros por palet,
- d. flejado de los palets,
- e. transporte de los palets a bodega,
- f. problemas detectados por falta de resistencia a la estiba en los empaques de cartón corrugado.

5.3.3 Comunicación de resultados

Mensualmente el asistente de empaque debe de enviar un reporte a todas las plantas y bodegas respecto a los resultados de estas auditorias todo esto para mantenerlos informados respecto al desempeño de los empaques de cartón corrugado, a la operación y manejo de los mismos dentro de las plantas y bodegas de distribución de esta manera se obtiene una óptima calidad de los productos hasta las bodegas de los clientes y se evitan rechazos continuos de los producto.

CONCLUSIONES

1. La reducción de costos en los sistemas de producción mejora los márgenes de los productos, sin olvidar que en producción se debe de buscar la calidad de los productos al menor costo y con la mayor eficiencia, para mantener una competitividad en el mercado internacional, la creatividad para la búsqueda de estos ahorros es esencial ya que se debe tener siempre una mente abierta a nuevas ideas y una investigación constante de nuevos diseños y materiales, en los empaques de cartón corrugado esto no pasa desapercibido y la optimización de los mismos puede generar una amplia reducción de precios, es por ello que, es necesario enfocar esfuerzos en los empaques de cartón corrugado que tienen el mayor volumen de compra, para buscar allí una mayor cantidad de ahorro.
2. Las prueba de compresión herramienta clave dentro de este trabajo, debe de ser utilizada en cualquier empresa manufacturera que utilice empaques de cartón corrugado, mostró resultados claves para la empresa en estudio, su uso fue determinante para ver que tan óptimos están los valores de resistencia actual y para evaluar problemas en los productos de mayor compra. Con ello, se mejoran los costos de algunos corrugados y se puso en observación otros para evitar problemas futuros. El número de corrugados evaluados fue un total de 79 cumpliendo, así, con el 40 % de los corrugados que se compran actualmente.

3. Dentro del análisis de compresión vertical se debe contar con información esencial como lo es el patrón de paletizado y el peso bruto de los productos a evaluar, todo esto para poder comparar la resistencia vertical real que se realizó en máquina versus la resistencia requerida que se calculó, tomando en cuenta un factor de seguridad que para este trabajo fue de 3.95 este factor abarca otros factores como los son la humedad, forma de las tarimas, forma de paletizado, tiempo de almacenaje y otros a los que está expuesto los empaques de cartón corrugado desde que son estibados al final de las líneas de producción hasta llegar a las bodegas de los clientes, al relacionar la resistencia real versus requerida mostró que tanto estaban los empaques de cartón dentro de especificaciones o fuera de ellas y, así, proceder a una mejor optimización de los mismos.
4. Se identificaron catorce empaques de cartón corrugado con resistencia por arriba de lo requerido para los seis primeros que se muestran en la tabla XVI. El ahorro que generan estos es de sesenta y cuatro mil dólares que representa el 86 % del total del ahorro que mostró este estudio
5. Fueron identificados veintinueve corrugados por debajo de la resistencia requerida, la mayoría de estos corrugados no han sido reportados como productos con daños en el transporte ni han sido rechazados de la bodega de los clientes por lo que se dejó como observación el monitoreo de los mismos para ver su comportamiento más detenidamente y evitar, así, reclamos de los clientes.
6. Las pruebas de transporte son clave para la validación de cualquier cambio de especificaciones en los empaques de cartón corrugado, esta consiste en enviar el nuevo empaque en palets, dos, hacia algún país en la región Centro Americana, el cual es asignado por el ingeniero de empaque una vez hecho el análisis del desempeño del mismo y

evaluado diferentes factores en el transporte el analista del país da por aprobada o rechazada la prueba, para este trabajo se realizó esta prueba en los seis corrugados con que se muestra en la tabla XVI, quedando validado el cambio.

7. De catorce corrugados para implementación de cambios con resistencia por debajo de lo requerido, ocho quedaron pendientes de pruebas de transporte y de hacer el cambio, de ser aprobada la prueba, para ello, se dejaron identificadas, las fechas que inician a partir de Junio y finalizan en Agosto, para dar seguimiento de este trabajo y obtener lo más pronto la optimización de los mismos y el ahorro evaluado.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el procedimientos de muestreo y evaluación de corrugados, así como las condiciones ambientales previas a realizar las pruebas de resistencia a la compresión vertical que se utilizaron en este trabajo de graduación, acorde a normas de la industria del cartón corrugado TAPPI T 804.
2. Continuar la evaluación del resto de empaques de cartón corrugado que se utilizan, actualmente, en las plantas de producción, para identificar mejoras de resistencia y diseño de los mismos. Partiendo del las pruebas en máquina de la resistencia real y comparándola contra el cálculo una resistencia requerida.
3. Evaluar nuevos empaques en aquellos productos que fueron identificados como autoportantes, veinticuatro en total, ya que, aquí puede existir posibles ahorros o mejoras en el embalaje de estos productos, también, se recomienda investigar como se empacan estos productos en otros países o visitar anaqueles o bodegas de los clientes para evaluar productos de la competencia.
4. Realizar las pruebas de transporte para aquellos productos identificados con resistencia por arriba de lo requerido según tabla XIX para hacer efectivo el ahorro tan pronto sea aprobado.

5. Hacer monitoreos según tabla XX, de los productos identificados con resistencia por debajo de lo requerido para evitar posible problemas en transporte, de encontrarse fallas en estos corrugados durante estas auditorias, se debe de evaluar el aumento de la resistencia de los empaques de cartón corrugado y seguido de ello realizar pruebas de transporte para su validación.
6. Utilizar el nuevo procedimiento para diseño de corrugados valiéndose del programa de software Cape Pack para obtener una resistencia teórica y, una vez se esté comercializando el producto, evaluar, nuevamente, la resistencia real del empaque de cartón corrugado en la máquina case compression tester para obtener un análisis del desempeño del mismo.
7. Capacitar a los técnicos del laboratorio de empaque, en el proceso de evaluación de resistencias en máquina y cálculo de resistencias teóricas para que ellos mismo puedan en un futuro realizar estas tareas de investigación y evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

1. **El cartón ondulado, manual de formación técnico-comercial.** Asociación de corrugadores del Caribe , Centro y Sur America. Edición 1999.
2. **TAPPI TEST MEHODS** (1998-1999) Technical association of the pulp an paper industri www.tappi.org.
3. Maltenfort , George . **Corrugated shipping containers .An engineerin approach**, second printing Abril 1990.
4. **Tops pro 4.0 . User Guide.** Supplement and tutorial Copy Right c (1990-1999) Tops Engineering Corporation.
5. **Millenium edition user guide** By Cape Systems , Inc 2,002.
6. **Manual de carton corrugado.** SIGMA Q . Diciembre 1996.
7. Eward Denison Rock Port. **Packaging prototypes: design fundamentals.** Publishers BK (May 1999).

Anexo I. Reporte de prueba de transporte.

REPORTE DE SHIPPING TEST

INGENIERIA DE EMPAQUE, CP GUATEMALA		
Fecha 11/18/2004	Nombre Ingeniero de Empaque Evelyn Sterkel	
Producto PGT1313300032 FABULOSO SACHET 100ml	Nombre del proyecto Validación cambio de resistencia de corrugado	
Objetivo de la Prueba Validación de cambio de Resistencia de corrugado de Fabuloso 100 ml		
Fecha de Indice de Calidad:		
Valor Indice de Calidad en la línea: 95	Indice de Calidad en Bodega 95	
INFORMACION DEL SHIPPING TEST & REPORTE		
a) Filled (Location & Date): 4-Nov	c) Fecha de Despacho 11/18/2004	
b) Destino COLGATE PALMOLIVE NICARAGUA	d) Fecha de recibo a bodega 14/12/04	e) DESTINO NI
INFORMACION Y REPORTE DE PALETIZADO & CORRUGADO		
a) Cajas por cama 8	e) Cajas en su lugar? Movidas TODOS BIEN	Foto:
b) Camas por tarina 7	f) Stretch Film o.k. ? BIEN	Foto:
c) Cajas por tarima 56	h) Algun otro daño? NO	Foto:
d) Especificaciones de Paletizado COLUMNAR	h)	Foto:
INFORMACION DEL PRODUCTO EMPACAD & RESULTADOS		
a) Docenas de Cajitas con wrap?	Pictures:	
b) Cajitas?	Pictures:	
c) Corrugado?	Pictures:	
d)	Pictures:	
e)	Pictures:	
f)	Pictures:	
g)	Pictures:	
Comentarios Generales, Observaciones y/o Recomendaciones		
El producto en general no presenta ningún daño, Todos los corrugados se encuentran en perfectas condiciones		
Shipping Test Aprobado? <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado <input type="checkbox"/>		
Reporte y Analisis hecho por (en destino) Jaime Vilches	Fecha: 20/12/04	Firma:
Ingeniero de Empaque responsable Evelyn Sterkel	Fecha:	Firma Ing. De Empaque
REPORTE DE SHIPPING TEST		
INGENIERIA DE EMPAQUE. COLGATE PALMOLIVE GUATEMALA		
Fecha de Reporte Final	Ingeniero de Empaque (Reporte) Evelyn Sterkel	
Product: PGT1313300032 FABULOSO SACHET 100ml	Nombre del Proyecto Validación cambio de resistencia de corrugado	
Test Description & Objective: Validación de cambio de Resistencia de corrugado de Fabuloso 100 ml		

Fuente: Departamento de empaque.

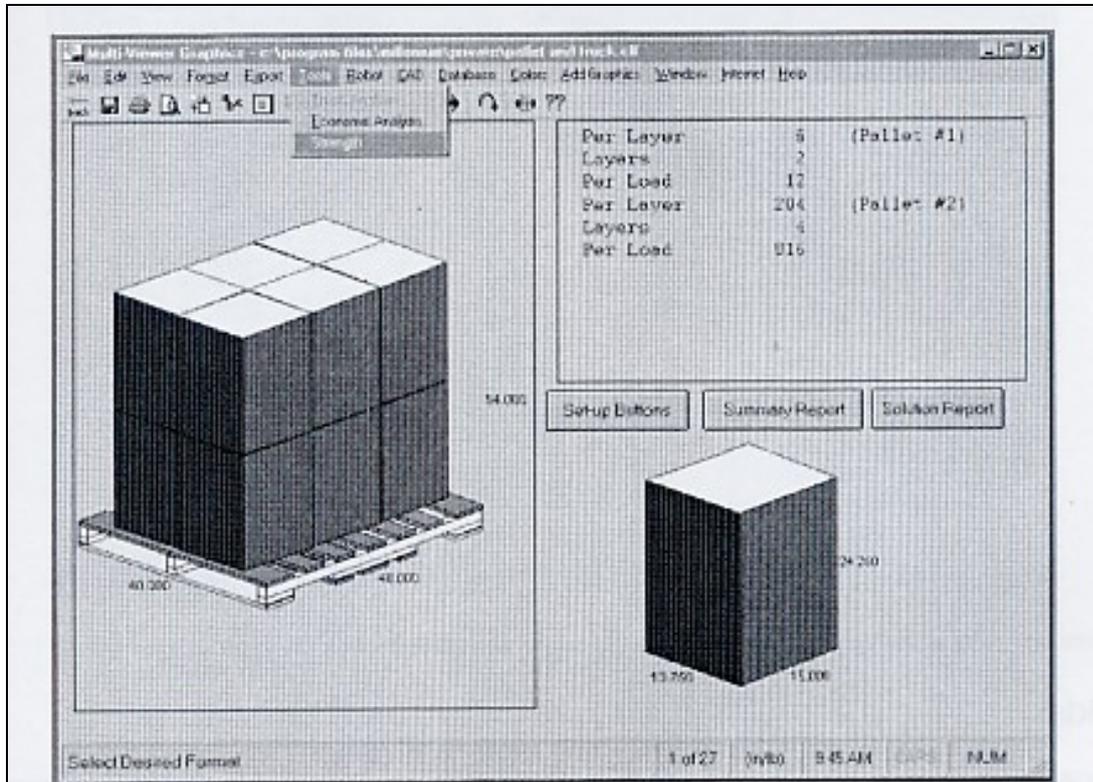
Anexo II. Formato de revisión de pallets para envío de prueba de transporte.

CHECKLIST PARA SHIPPING TEST SOP-130038			
DESCRIPCION DE LA PRUEBA			
Fecha de Evaluación:		Nombre del Ingeniero de Empaque encargado:	
Producto a Evaluar (Código & Descripción):		Nombre del proyecto:	
Objetivo de la Prueba:			
INFORMACION DE PALLETS DE PRUEBA			
No. Handling Unit del Pallet de Prueba:		Lugar y Fecha de Llenado:	
Resultado del Quality Rating (Índice de Calidad)		Fecha de realización del Quality Rating (Índice de Calidad en Línea):	
INFORMACION DE PALETIZADO			
Número de Cajas por Cama:		Número de Unidades por Caja:	
Número de Camas por Pallet:		Especificaciones de Paletizado (Columnar ó Amarrado):	
Número de Cajas por Pallet:		Total de Unidades Enviadas:	
RESULTADOS DE CHECKLIST			
*Nota: El Shipping Test no puede salir de las instalaciones de Colgate Palmolive hasta que todas las Condiciones del Checklist siguiente hayan sido cumplidas y comprobadas por el Analista de Recepción de Material de Empaque.			
	SI	NO	
1. Patrón de Paletizado Correcto? (Patrón Impreso en Corrugado = a Patrón de estibaje en planta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. Stretch Film en buen estado?
2. Cajas de Cartón Corrugado en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. Rótulos de Identificación en 4 caras del pallet?
3. Cajas de Cartón Corrugado bien selladas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. Pallet completamente dentro de la tarima?
4. Correcta colocación del Producto dentro del Corrugado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9. Producto en buen estado?
5. Tiene todos sus Esquineros?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10. Pallet en buen estado?
Comentarios Generales, Observaciones y/o Recomendaciones:			
Status para Salida: (Marcar con una "X")			
APROBADO: <input type="checkbox"/>		RECHAZADO: <input type="checkbox"/>	

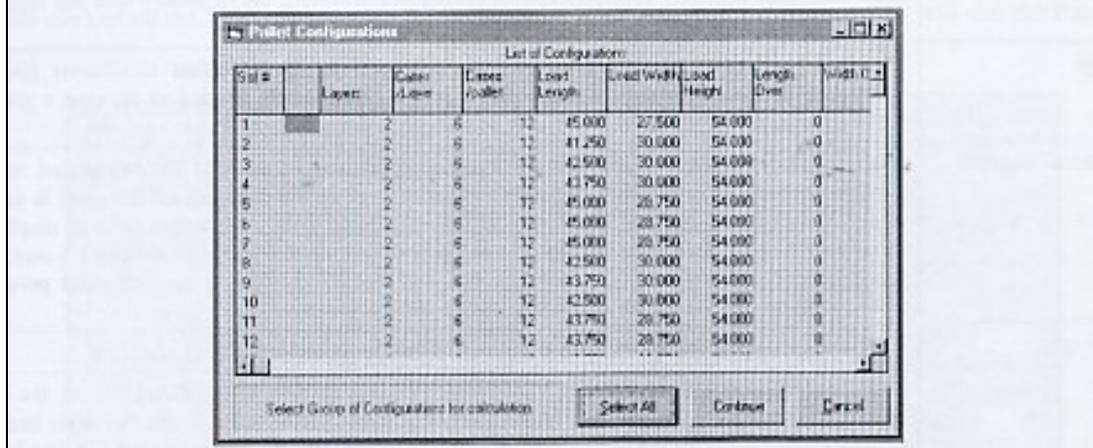
		Firma y Nombre de Analista	

Fuente: Departamento de empaque.

Anexo III. Pantallas de programa CAPE PACK.



represented with the following screen.



Fuente: Departamento de empaque.