

**DISEÑO MECÁNICO DE UN PALETIZADOR  
PARA FABRICAS DE ENVASES**

**FREDY ISACC CARRILLO ORTEGA  
JAVIER DE JESUS VEGA ESCAÑO**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
AREA DE DISEÑO MECÁNICO  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2000**

**DISEÑO MECÁNICO DE UN PALETIZADOR  
PARA FABRICAS DE ENVASES**

**FREDY ISACC CARRILLO ORTEGA  
JAVIER DE JESUS VEGA ESCAÑO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar  
el título de Ingenieros Mecánicos**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
AREA DE DISEÑO MECÁNICO  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2000**

## **ARTÍCULO 105o.**

La Institución se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los Trabajos de Grado aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cartagena de Indias, 15 de junio de 2000

A Carmen y Luis,  
mis padres, por el  
apoyo que me  
brindaron a lo largo  
de mi carrera.

A mi hermanos,  
Luis Enrique, José  
Fernando y Kelly  
Dayana.

Y a Dios por  
permitirme hacer  
esto una realidad.

FREDY

A mis padres,  
A mi esposa  
y a Dios.

JAVIER

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	17
1. ENVASES	20
1.1. GENERALIDADES	20
2. LAMINAS DE HOJALATA	23
2.1. RESEÑA HISTORICA	23
2.2. ESPECIFICACIONES TECNICAS	26
2.3. FORMULA DE ESPESOR TEORICO	27
2.4. TIPOS DE LAMINAS DE HOJALATA	30
2.5. LAMINAS DE PROCESO CALIENTE DE SUMERSION (HOT-DIP)	30
2.6. LAMINAS RECUPERADAS (MENDERS)	31
2.7. LAMINAS ELECTROLITICAS	31
2.8. LAMINAS ELECTROLITICAS CORRIENTES	31
2.9. LAMINAS ELECTROLITICAS DIFERENCIALES	32
2.10. RECONOCIMIENTO DE LAMINAS	32
2.10.1. Láminas recuperadas (Menders) y proceso caliente de sumersión	32
2.10.2. Láminas electrolíticas corrientes	34
2.10.3. Láminas electrolíticas diferenciales	34

2.11. ESPECIFICACIONES DE HOJALATA	36
3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	39
3.1. DISEÑO DE LA VIGA SUPERIOR	40
3.2. DIMENSIONES DEL PERFIL DE LA VIGA	41
3.3. DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR	51
3.4. ELEMENTOS SOMETIDOS A PRESION (COLUMNAS)	53
3.5. DISEÑO DE LAS COLUMNAS	55
3.6. SELECCIÓN DE CHUMACERAS	57
3.7. CADENAS Y PIÑONES	60
3.8. PIÑONES Y RUEDAS CATARINAS	62
3.9. SELECCIÓN DE RODILLO Y BANDA TRANSPORTADORA	63
3.10. SELECCION DE MOTOREDUCTOR	67
4. DISEÑO DEL SISTEMA HIDRAUALICO	71
4.1. INTRODUCCIÓN	71
4.2. COMPROBANDO LA RELACION PARA CILINDROS DE PAREDES GRUESAS	76
4.3. CALCULO DE LA TAPA DEL CILINDRO Y FORMA DE FIJACIÓN	76
4.4. FORMA DE FIJACION DE LA TAPA	79
4.5. CALCULO DEL EMBOLO DEL CILINDRO	80
4.6. CALCULO DE LA FUERZA DE ROZAMIENTO DEL PISTON Y LA PARED DEL CILINDRO	82

4.7. CALCULO DE LA FUERZA DE ROZAMIENTO DEL VASTAGO Y EL SELLO ALOJADO EN EL CASQUILLO O SECCION DEL VASTAGO	83
4.8. SUJECION DE LOS ENVASES EN LA BANDA TRANSPORTADORA	84
4.9. DISEÑO DEL CILINDRO NEUMÁTICO	85
4.10. SELECCIÓN DEL FLUIDO DE TRABAJO	88
4.10.1. Objetivos del fluido	89
4.10.2. Requerimiento de calidad	89
4.10.3. Propiedades del fluido	90
4.11. SELECCIÓN DE LOS SELLOS	102
4.11.1. Factores en la selección de sellos	103
4.11.2. Materiales sellantes	103
4.11.3. Elementos de sellos de empuje	104
5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	110
5.1. REVISION DIARIA	110
5.2. REVISION SEMANAL	110
5.3. REVISION MENSUAL	110
6. EVALUACIÓN ECONÓMICA	112
CONCLUSIONES	121
BIBLIOGRAFIA	123
ANEXOS Y PLANOS	

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Sistema de código para láminas de hojalata	33
Figura 2. Alineamiento correcto de ejes	64
Figura 3. Definición de los parámetros	65
Figura 4. Principio del gato hidráulico	72
Figura 5. Fuerza aplicada en la palanca para accionar el gato hidráulico	73
Figura 6. Cilindros sometidos a presión interna	78
Figura 7. Viscosidad Vs. Temperatura	101
Figura 8. Anillo V copa U cuña	105
Figura 9. Anillo D	106
Figura 10. Anillo Delta	107
Figura 11. Anillo O	107
Figura 12. Anillos T	108
Figura 13. Anillos Cuadrados	108

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Espesor teórico	27
Tabla 2. Usos y tipos de temple	28
Tabla 3. Especificaciones de hojalata	37
Tabla 4. Correspondencia entre diferentes unidades de viscosidades	93

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Tabla 3-3 (Shigley)

Anexo B. Curva de Euler (Shigley)

Anexo C. Tabla 3-1 (Timoschenko)

Anexo D. Tabla 2-2 (Faires)

Anexo E. Tabla 2-3 (Faires)

Anexo F. Tabla 2-1 (Faires)

## RESUMEN

### **OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN:**

❖ Diseñar un acumulador y ordenador de1 envases paletizador, a través de un diseño técnico apoyado en la ingeniería para fábricas de envases colombianos.

### **METODOLOGÍA:**

Las técnicas de recolección que se utilizaron en la realización de este proyecto fueron obtenidas básicamente a partir de dos tipos de fuentes:

**Fuente primaria:** Se realizaron sondeos en diferentes compañías vinculadas con la fabricación de envases; con el fin de recoger información acerca del tipo de maquinarias utilizadas en el ordenamiento y estibación de productos.

**Fuentes secundarias:** La información se obtuvo de revistas, folletos, catálogos y publicaciones emitidas por fabricantes de envases. Además, referencias bibliográficas.

### **RESULTADOS:**

❖ La máquina que se diseñó en este proyecto facilita el correcto ordenamiento de envases para su posterior almacenamiento y transporte.

- ❖ Con la optimización y automatización de esta máquina se lograría un desempeño continuo y eficaz al momento de ordenar y almacenar envases, en cualquier fábrica que trabaje con estos productos.
  
- ❖ Se obtendrían beneficios de carácter económico ya que se reduciría la mano de obra y se agilizaría significativamente el proceso en cuestión.

## **INTRODUCCIÓN**

Hacia mediados del Siglo pasado, el hierro se reveló como un material de construcción de primer orden. Debido a sus propiedades resistentes se impuso hasta tal punto, que reemplazó a la madera en numerosas aplicaciones. Presentaba la ventaja de permitir la construcción de entramados, cuyas reducidas secciones ocupaban mucho menos que los materiales empleados hasta entonces, dando al conjunto de la estructura un aspecto de gran ligereza y permitiendo a la vez diseñar piezas portantes.

Los progresos de la siderurgia permitieron poner a disposición de los constructores aceros estructurares que respondían perfectamente a las nuevas necesidades.

Las acerías crearon calidades de propiedades mecánicas bien definidas, permitiendo índices de trabajo más elevados; por otra parte el Ingeniero, con ayuda de nuevos medios de investigación, se dedicó a calcular con mucha más precisión los esfuerzos que solicitan las piezas de una construcción.

Los aceros de construcción se entregan en hojas para las chapas y en barras para los perfiles.

Las chapas son productos laminados planos, se denominan:

- Chapa Fina: Cuando el espesor es inferior 20/10 mm
- Chapa gruesa: Para espesores superiores a 5 mm.

Angulares son perfiles laminados con dos alas perpendiculares,. se designan por la anchura

de las dos alas y por su espesor. Los angulares son de dos tipos:

- De alas iguales
- De alas desiguales

Viguetas son perfiles formados por dos alas cuyas caras exteriores son paralelas y están unidas en su centro a un alma perpendicular mediante acuerdos curvos. Perfiles en U se componen de un alma y de dos alas unidas al alma por uno de sus extremos.

La máquina que tenemos en cuestión es un paletizador de envases vacíos, su misión es la de paletizar capa por capa los envases recogidos de la línea de fabricación e ir paletizándolos sobre un palet de un formato predefinido (ver esquema), colocándoles el cartón separador entre capa y capa. Una vez paletizado el número de capas deseado el palet lleno saldrá de la máquina para su almacenaje y se suministrará otro vacío para seguir paletizando.

El paletizador básicamente está compuesto por una cinta de paletizado la cual es una banda transportadora, que su misión en la máquina es la de recoger los envases a paletizar y formarlos en un formato predefinido.

La banda va provista en la parte donde se forma el mosaico de un vibrador que hace que la banda vibre y de esta manera los envases se vayan colocando bien. Una vez formada la capa de envases en la cinta de paletizado, bajará un cilindro que acciona una barra que posee unos dedos que se introducirán en la parte posterior de la formación y su cometido es el de separar la formación de los demás envases y su

cometido es el de separar la formación de los envases que hay atrás. En este momento tenemos la formación preparada para ser colocada en la estiba. Una vez colocados los envases sobre la estiba los dedos subirán y los envases avanzarán hasta hacer tope con la parte frontal de la banda, y la secuencia explicada se realizará de forma cíclica.

## **1. ENVASES**

### **1.1. GENERALIDADES**

La producción de empaques para los diferentes sectores de la industria tiene en la actualidad gran importancia, debido a que los productores y consumidores de hoy saben que la calidad, y por consiguiente la demanda de los productos depende, no sólo de éstos como tal, sino también de las características de sus envases.

Por la versatilidad en su utilización y por los grandes ahorros en la fabricación de empaques, la hojalata es ampliamente usada para almacenar alimentos y aceites, para contenedores ornamentales, tapas corona y tapa rosca, juguetes, pilas, implementos para cocina y cosméticos, entre otros.

Es un material cuya base está constituida por una lámina de acero dulce de bajo carbono, recubierta por ambas caras con una capa de estaño, se utiliza en la fabricación de envases y partes para envases, los cuales deben reunir ciertas propiedades según el producto que contengan, el proceso de producción y el destino final del artículo.

Por ser un material hermético, la hojalata preserva su contenido y lo protege del ambiente externo. Es resistente a múltiples agentes y cuenta con una firmeza mecánica que agiliza los procesos de envasado a presión o al vacío.

Por otra parte la hojalata es más liviana en comparación con otros materiales, lo que facilita su manipulación y almacenamiento y reduce considerablemente los costos de transportes. En hojalata se pueden elaborar todo tipo de envases de diversos tamaños, los cuales pueden contener productos sólidos, líquidos o gaseosos.

Los productos envasados en este material se conservan por largos periodos sin perder sus propiedades organolépticas (sabor, olor, consistencia, etc.), ni su valor nutricional. Otro factor importante es que gracias a la opacidad de la hojalata se evita la degradación de los alimentos causada por la luz y no se requieren

preservativos para prolongar su conservación ya que esta se logra en el proceso de envasado mediante el vacío y la esterilización.

Por su carácter magnético, la hojalata es apta para el reciclaje y la reutilización pues se separa rápidamente de otros desechos, sin embargo los empaques de hojalata son totalmente degradables ya que se convierten en materia orgánica por efectos del oxígeno.

En el campo de la comercialización, este tipo de envases permite excelentes impresiones litográficas lo que lo convierte en un medio publicitario y en un elemento de decoración.

## **2. LAMINAS DE HOJALATA**

### **2.1. RESEÑA HISTÓRICA**

Antes del siglo XX:

La aplicación del revestimiento de estaño a metales mediante el proceso caliente de sumersión (hot-dipping), pertenece a un arte antiguo, pero no se extendió a las planchas de hierro hasta el año 1.240 en Bohemia.

La costumbre llegó a Sajonia en 1.620 y a pesar de su Comienzo en Inglaterra en 1.670 fue del 1.714 al 1.720 que había logrado un notable adelanto.

Mientras que las bases de la industria naciente se situaban en Sajonia, el verdadero desarrollo se encontraba en Wales, debido a la ubicación cercana de las láminas de estaño en Cornwall, agua abundante y una población industriosa.

Hubo un mayor avance en 1.728 cuando por disposición del Mayor John Hanbury las placas se "laminaban" en vez de ser martilladas.

En 1.770 el vapor sustituyó a la fuerza, hidráulica y se utilizaba "coke" (coque) en vez del carbón vegetal para la forja de hierro en la fabricación de láminas.

Hasta 1.875 todas las láminas de hojalata tenían la base de hierro forjado, pero en ese mismo año fue sustituida la base de acero al carbón, por acero suave Siemens, siendo esta cambio considerado como el adelanto más grande del siglo XIX en la

industria. Durante la década siguiente; el acero sustituyó al hierro como metal básico para las láminas de hojalata.

Siglo XX:

En el comienzo de este siglo, ya se registraban muchas mejoras en el envase de hojalata sanitario y la industria de fabricación de dichos envases, se separaba poco a poco del verdadero proceso y empaque de los productos comestibles. Estos dos factores y la consolidación de los más poderosos fabricantes de envases, promovieron el uso de recipientes metálicos y por consiguiente, aumentó la demanda de las láminas de hojalata.

Durante la primera Guerra Mundial creció aún más la demanda de recipientes metálicos y los Estados Unidos tuvo que duplicar su producción; eran evidentes los esfuerzos de investigación científica de los fabricantes y efectivo el mejoramiento de las láminas de hojalata producidas en América y en el resto del mundo.

En 1.929 se inició el proceso de reducción en frío, el cual daba más nitidez a la superficie de la lámina.

En 1.936. solamente el 24% de la producción de láminas era del tipo procesado en frío, en 1.939 llegó al 75% y para 1.943 las láminas de hojalata eran producidas con dicho proceso.

Simultáneamente con el comienzo del proceso de reducción en frío, empezaron los experimentos del proceso electrolítico y en 1.936 entró al mercado comercialmente.

El proceso electrolítico logró verdadero éxito cinco años más tarde, ya que en Diciembre de 1.941 en pleno desarrollo de la segunda Guerra Mundial, y motivado por que el Japón había asumido el control de casi toda la producción mundial de estaño, se hizo necesaria la conservación económica de este material, con este sistema la aplicación de la capa de estaño tiene mejor control y se ahorra así gran cantidad del mismo, es uno de los más grandes pasos en la economía de la industria de láminas de hojalata.

## **2.2. ESPECIFICACIONES TECNICAS**

### **CAJA BÁSICA:**

Es una unidad cuya base normalizada de medición en (Base Box) industria de hojalata, equivale al empaque de 112 láminas con las dimensiones de 14" x 20" o sean 3,360 pulgadas<sup>2</sup>.

### CAPA DE ESTAÑO:

Es el revestimiento liviano de estaño que se aplica a ambos lados de una lámina de acero.

### CALIBRE (Gauge):

Es el término utilizado para describir el espesor de una lámina y depende exclusivamente del peso de la caja básica, se determina en milésimas de pulgadas.

Tabla 1. Espesor teórico

Peso Lbs.	Espesor Teórico (in.)
55	0.0061
60	0.0066
75	0.0083
80	0.0088
85	0.0094
90	0.0099
95	0.0105
100	0.0110
107	0.0118
112	0.0123
118	0.0130

El espesor teórico tiene una tolerancia de 10% y se basa en el empleo del factor 0.011" como el espesor aproximado de una lámina en una caja básica que pesa 100 lbs.

### 2.3. FORMULA DEL ESPESOR TEORICO

Peso base de la caja básica: x 0.011" - Espesor lámina. Ejemplo: En una caja básico que pesa 100 lbs. el espesor de una lámina es de 0.011". Para obtener el espesor teórico de una lámina en una caja básica que pesa 80 lbs, hacernos la siguiente operación:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ lbs.} \text{ ----- } 0.011'' \\ 80 \text{ lbs.} \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = \frac{0.011'' \times 80}{100} = 0.0088''$$

PESO BASE (basis Weight):

Peso en libras de una caja básica. Los más usados corrientemente son: 75, 80, 85, 90, 95, 100, 107, 112 y 118 lbs.

Después de largos años de experimentos, fue introducido al mercado un nuevo tipo comercial de lámina liviana, cuya caja básica pesa entre 45 y 60 lbs.

## TEMPLE:

Es la dureza de las láminas de hojalata utilizadas en la fabricación de envases metálicos. Existen alrededor de ocho tipos de temple.

Tabla 2. Usos y tipos de temple

Tipos de temple	Algunos usos
T-1	Envases con troquelado hondo (tapas cónicas)
T-2	Envases con troquelado suave (1/4 Drawn y 1 lb. Oval )
T-2 ½	Para anillos y orejas (envases de pintura)
T-3	Uso general en envases sanitarios, tapas y cuerpos.
T-4	Envases de cuerpos con depresiones, tapas y coronas.
T-5	Envases de café al vacío, tapas con diámetros grandes y productos sin o con muy poca corrosividad.
T-6	Tapas de envases para cerveza
T-U (universal)	Sustitutos para productos que requieren T-3, T-4 o T-5

El temple ideal puede variar de acuerdo con la clase del producto.

## ACERO:

Generalmente hay tres tipos de acero que se utilizan como metales básicos para láminas de hojalata.

**Tipo L: Utilizado para aumentar la resistencia contra la corrosión interna producida por productos muy corrosivos. Es el acero puro más comercialmente usado.**

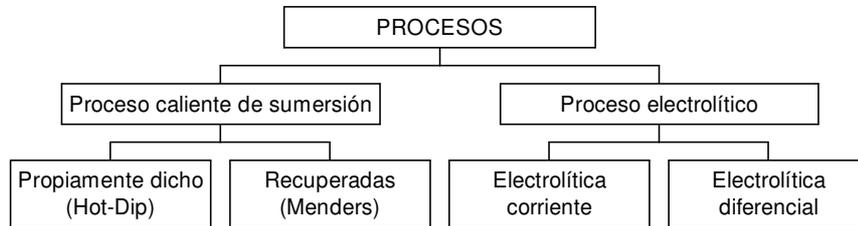
Tipo MR: De uso general, pero especialmente para productos con una corrosividad moderada.

Tipo MC: Se emplea en envases que requieren mayor resistencia y en las cuales la producción contra la corrosión es de menor importancia.

#### **2.4. TIPOS DE LAMINAS DE HOJALATA**

De acuerdo con las costumbres ya establecidas, se definen las láminas de hojalata como planchas de acero negro debidamente procesadas y revestidas con capas de estaño por ambos lados de su superficie, mediante el proceso caliente de sumersión (hot-dip) o por el proceso electrolítico. -

Las cualidades de estas láminas de hojalata son: resistencia, apariencia agradable, nitidez, facilidad de manejo en sistemas de fabricación y muy poco peso.



## **2.5. LAMINAS DE PROCESO CALIENTE DE SUMERSIÓN (Hot-Dip)**

En este proceso, el estaño se aplica mecánicamente sobre la superficie de las láminas con rodillos de ese material. Debido a la naturaleza de esta operación, no es posible controlar dentro de límites tan mínimos, el peso de la capa de estaño en las láminas individuales y de una lámina a otra. Generalmente se utiliza 1 ½ lbs. de estaño y 1 ½ lbs. en ambos lados de las láminas que forman la caja básica.

## **2.6. LAMINAS RECUPERADAS (Menders)**

Estas son láminas del tipo electrolítico, que por algunas fallas en su manufactura se procesan nuevamente, por el sistema caliente de sumersión.

## **2.7. LAMINAS ELECTROLÍTICAS**

Son láminas de acero negro cuyas capas de estaño se distribuyen mediante el sistema de electrodeposición. Generalmente se procesan con el estaño licuado, pero de acuerdo con algunos requerimientos se utiliza el estaño no licuado.

## **2.8. LAMINAS ELECTROLITICAS CORRIENTES**

Estas láminas se fabrican también mediante el proceso arriba mencionado. Hay alrededor de cuatro clases de láminas de este tipo, de acuerdo con el peso de la cantidad de estaño usado por cada caja básica.

0.25(1/4)	Lbs. De estaño por caja básica
0.50(1/2)	Lbs. De estaño por caja básica
0.75(3/4)	Lbs. De estaño por caja básica
1.00(1.00)	Lbs. De estaño por caja básica

## **2.9. LAMINAS ELECTROLICAS DIFERENCIALES**

En esta clase de lámina, existen diferencias de peso de estaño en las superficies de ambos lados y generalmente se usan dos tipos.

75/25 En un lado hay 3/4 lb. de estaño y en el otro 1/4 lb. por caja básica.

100/25 En un lado hay 1 lb. de estaño y en el otro 1/4 lb. por caja básica.

Sobre la superficie donde se aplica 1 lb, de estaño, el espesor de la capa es aproximadamente 0.00006" y en la superficie de 1/4 lb, aprox. 0.000015".

## **2.10. RECONOCIMIENTO DE LÁMINAS**

**2.10.1.Láminas recuperadas (menders) y proceso caliente de sumersión.** Estas láminas se caracterizan por tener ciertas nervaduras que se aprecian sobre la superficie, es casi imposible apreciar visualmente, la diferencia entre una lámina de 1.50 lb. y otra de 1.25 lb., pues para poder determinar la diferencia es indispensable comparar los pesos de cada una con una balanza electrónica de mucha precisión.

**2.10.2.Laminas electrolíticas corrientes.** Estas no presentan nervaduras, pero su superficie es completamente lisa y brillante cuando son fabricadas con estaño licuado. Por lo general visualmente no difieren las distintas capas de estaño (0.25, 0.50, 0.75 y 1.) y en algunos casos las láminas de 1 lb, parecen más opacas debido a su mayor peso.

Hay algunas láminas electrolíticas con un acabado mate, que se diferencian de las otras por su color plateado opaco.

**2.10.3.Laminas electrolíticas diferenciales.** Hay varios métodos de diferenciar las láminas de este tipo.

100/25      a) El lado 100 con líneas paralelas de 1 ½” de ancho y el lado 25 no presentas ralladuras. Ambos lados son brillantes.

b) El lado 100 brillante y el lado 25 opaco, debido al revestimiento con estaño de color plateado.

c) El lado 100 brillante y el lado 25 tiene líneas en forma de rombos o diamantes.

75/25      a) El lado 75 con líneas paralelas de 1” de ancho y el lado 25 no presenta rayaduras. Ambos lados son brillantes.

Tipos de acero: La hojalata consiste de tres tipos de acero básico como a condición se indica.

Tipo L: Grado superior que posee la más alta resistencia a la corrosión interna producida por productos muy corrosivos, generalmente es el acero puro más comercialmente usado.

Tipo MR: El próximo, mejor grabado, teniendo buena resistencia a la corrosión. Es de uso general, pero especialmente para productos con una corrosión moderada.

Tipo MC: Es el que menos resistencia tiene a la corrosión, pero teniendo alta resistencia a una deformación, distorsión, encorvadura permanente o empanelado.

Empanelado: Es lo que le sucede a un envase de lata en que el vacío interno halla causado la deformación de uno o más superficies planas en el cuerpo.

## **2.11. ESPECIFICACIONES DE HOJALATA**

Hay tres clases de hojalata que siguen un patrón o modelo fijo y pueden establecerse por esta regla:

- a) Clase 1- Tipo L probada
- b) Clase 2- Tipo MRO MC probada.
- c) Clase 3- cualquier hojalata no probada.

La descripción "probada" se refiere a las muestras de hojalata en la fábrica de laminado que se somete a una prueba de evolución por hidrógeno, a fin de determinar su resistencia a la corrosión y el si se encuentra satisfactorio, ese lote de

hojalata en particular se marca "PROBADA" lo que se clasifica como clase 1 es de tipo L o clase 2 si es MRO MC.

Especificaciones de los temples:

El temple de la hojalata corre desde T-1 usado para piezas estiradas tales como cuerpos ovalados y cubre lo que es muy maleable forjable hasta T6 suministrados para tapas de cerveza, que es muy rígido o tieso, para resistir la deformación bajo la presión extrema. El material láminas tal como la hojalata, el plombeo significa una distorsión o corvadura permanente. Las latas tipo L y MR Se producen en T-1 hasta T-4 inclusive, la hojalata MC para los requerimientos se producen solamente en T-5 y T-6.

Un recién llegado es el TU o sea hojalata de temple universal producida por el proceso de destemple que combina la ductibilidad de los temples bajo más resistencia de presión de los temples altos.

Existen alrededor de ocho tipos al cuadro siguiente:

Tabla 3. Especificaciones de hojalata  
Y resultado con el probador (Tester) Rockwell.

Clase tipo	Temple	Prueba superficial	Usos de fabricación
------------	--------	--------------------	---------------------

ideal tolerancia			
L o MR	T-1	49±3	Envases con troquelado hondo (tapas cónicas)
L o MR	T-2	53±3	Envases con troquelado suave (1/4 y 1 lb. Oval )
MR	T-2 ½	53±3	Para anillos y orejas (envases de pintura)
L o MR	T-3	57±3	Uso general en envases sanitarios, tapas y cuerpos.
L o MR	T-5	61±3	Envases de cuerpos con depresiones, tapas y coronas.
MC	T-5	65±3	Envases de café al vacío, tapas con diámetros grandes y productos con muy poca corrosidad.
Beer	T-6	70±	Tapas de envases para cerveza
	TU (Universal)		Sustitutos para productos que requieren T-3, T-4 o T-5

### 3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

La hipótesis acerca de la perfección del acero como material estructural, posiblemente el más versátil de los materiales estructurales, parece más razonable al

considerar su gran resistencia, poco peso, fabricación sencilla y muchas otras propiedades deseables como son:

- **Alta resistencia:** La alta resistencia del acero, por unidad de peso, significa que las cargas muertas serán menores.
- **Uniformidad:** Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo.
- **Elasticidad:** El acero está más cerca de la hipótesis del diseño que la mayoría de los materiales, por que sigue la Ley de Hook hasta para esfuerzos relativamente altos.
- **Durabilidad:** Las estructuras de acero, con mantenimiento adecuado durará indefinidamente.
- **Ductibilidad:** La propiedad de un material que le permite soportar deformaciones generales sin falla, bajo esfuerzos de tensión elevados, se conoce como su ductibilidad. Cuando un miembro de acero dulce se somete a la prueba de tensión, ocurrirá una reducción considerable de su área transversal y un fuerte alargamiento.

En el lugar de la falla, antes de que la fractura real ocurra.

Algunas otras ventajas importantes del acero estructural son: adaptación a prefabricación, rapidez de montaje, soldabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga, posible reutilización después de que la estructura se desmonte y valor del rescate, aun cuando no pueda usarse sino como chatarra.

### **3.1. DISEÑO DE LA VIGA SUPERIOR**

Para iniciar el cálculo de esta viga es necesario dar su longitud igual a 4 mts. La longitud se da teniendo en cuenta la capacidad de trabajo, estabilidad de la estructura y trabajo a realizar.

La viga constituye un miembro estructural que se somete a cargas que actúan transversalmente al eje longitudinal.

Para efecto de trabajar con un peso de envase sobre el real suponemos que es  $\phi$  del envase es de 76,96 mm.

En 1.10 mts de ancho de la mesa de paletizado equivale aproximadamente a 14 env.

Y en el área total de la mesa de paletizado equivale aproximadamente a 630 envases.

### 3.2. DIMENSIONES DEL PERFIL DE LA VIGA

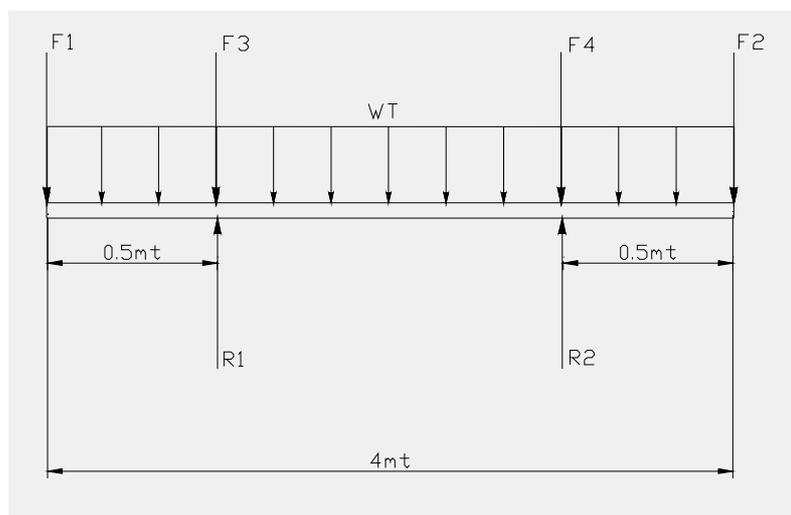
Generalmente las estructuras metálicas están construidas con perfiles de acero al carbono laminado, con 0.20% de carbono.

Por lo tanto se utiliza un acero AISI C-1020 laminado, el cual tiene un esfuerzo a la fluencia  $S_y = 3374 \text{ kg/cm}^2$  y un esfuerzo al corte  $S_s = 3445 \text{ kg/cm}^2$ .

Para este tipo de diseño es recomendable un coeficiente de seguridad de 1,6 a 2.0.

Para los cálculos se utiliza un coeficiente promedio de 1,8.

#### Diseño de la Estructura del Paletizador



$$\sigma_{\text{perm}} = 3375 \text{ kgf/cm}^2$$

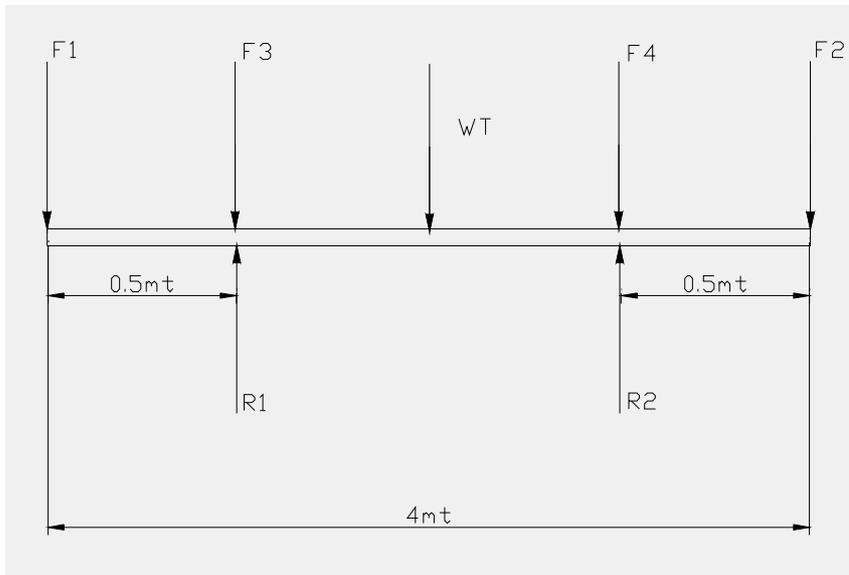
$W_t = \text{Carga distribuida} = \text{Banda} / \text{envases}$

$F_1 = \text{Eje cuadrado} + 5 \text{ piñones plásticos} / 2 \text{ chumaceras}$

$F_2 = F_1 + \text{Motor reductor} + \text{cadena No. 50} + 2 \text{ piñones}$

$F_3 = F_4 = \text{Rodillo} + 2 \text{ chumaceras}$

**Diagrama de Cuerpo Libre**



$$W_T = 9 \text{ Kgf.mt} \quad (+\downarrow \sum F_Y = 0:) \quad F_1 + F_3 + W_T + F_4 + F_2 = R_1 + R_2$$

$$F_1 = 9 \text{ Kgf} \quad R_1 + R_2 = (9 * 4) + 9 + 17.5 + 5.5 + 5.5$$

$$F_2 = 17.5 \text{ Kgf} \quad = R_1 + R_2 = 73.5$$

$$F_3 = F_4 = 5.5 \text{ Kgf}$$

$$(+\curvearrowright \sum M_2 = 0:), F_1(3.5) + F_3(3) - R_1(3) + 36 * 15 - F_2(0.5) = 0$$

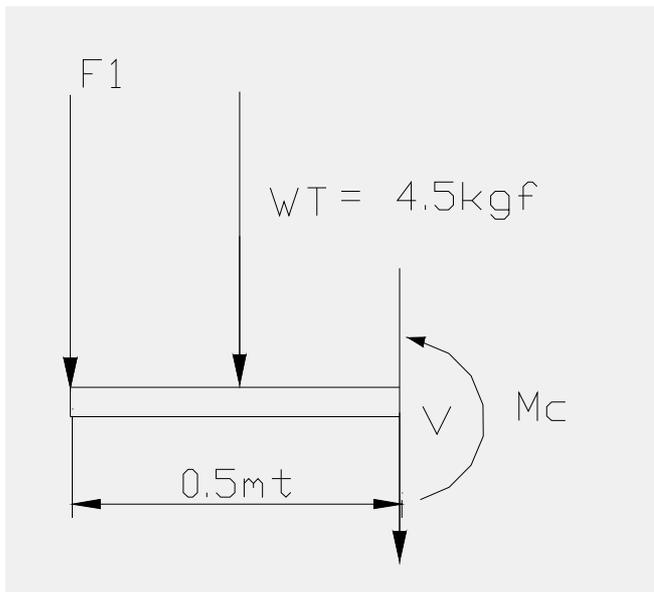
$$3R_1 = 9(3.5) + 5.5(3) + 54 - 17.5(0.5)$$

$$3R_1 = 31.5 + 16.5 + 54 - 8.75$$

$$R_1 = 31.08 \text{ Kgf} \Rightarrow R_2 = 42.42 \text{ Kgf}$$

## Cálculo de los Momentos Flectores

Hacemos corte en C:

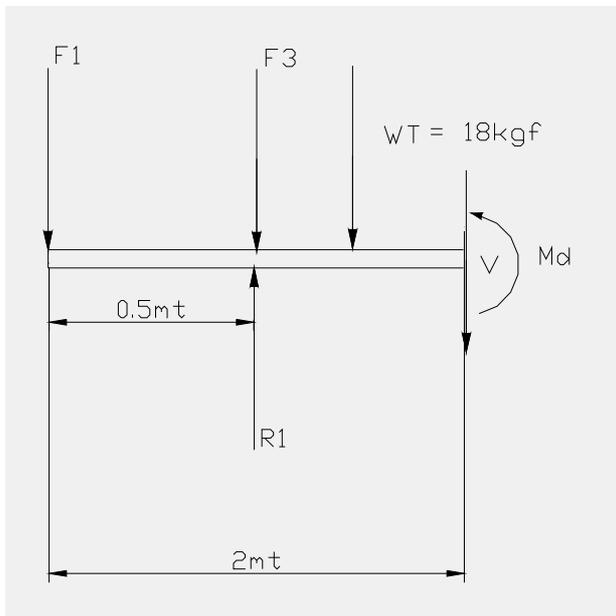


$$(+\circlearrowleft \sum M_C = 0:)$$

$$F_1 (0.5) + 4.5 (0.25) + M_C = 0$$

$$M_C = -9(0.5) - 4.5 (0.25) = - 5.625 \text{ Kgf.mt}$$

Hacemos corte en D:



( $+\circlearrowleft \sum M_D = 0$ ):)

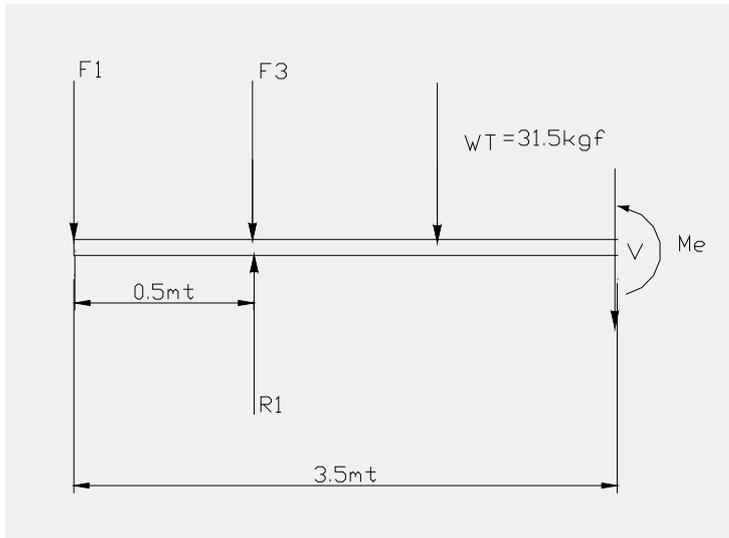
$$F_1(2) + F_3(1.25) - R_1(1.5) + 18(1) + M_D = 0$$

$$M_D = -9(2) - 5.5(1.5) + 31.08 - 18$$

$$M_D = -18 - 8.25 + 46.62 - 18$$

$$M_D = 2.37 \text{ Kgf.mt}$$

Hacemos corte en E:



$$(+\circlearrowleft \sum M_E = 0:)$$

$$F_1(3.5) + F_3(3) + 31.5(1.75) - R_1(3) + M_E = 0$$

$$M_E = -9(3.5) - 5.5(3) - 31.5(1.75) + 31.08(3)$$

$$M_E = -9.885 \text{ Kgf.mt}$$

El momento flexionante máximo es 9.885 kgf.mt

El módulo de sección requerido (si se omite el peso de la viga) es:

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{perm}}} = \frac{988.5 \text{ kgf.cm}}{3374 \text{ kgf/cm}^2} = 0.292 \text{ cm}^3$$

$$S = 0.0178 \text{ in}^3$$

Entrando con este dato a la tabla de propiedades de sección de canal seleccionamos un perfil C, que tenga un módulo de sección mayor que  $0.0178 \text{ in}^3$ . Porque sabemos que será necesario un valor de S ligeramente superior cuando se considera el peso de la viga. La viga más ligera que presenta el módulo de sección requerido es:

$$C4 * 5.4 (s = 1.93 \text{ in}^3).$$

Cuando el peso de la viga 5.4 pie lb se toma en cuenta

$$5.4 \text{ pie/lb} = 0.7462 \text{ kgf/mt}$$

$$W_T = 9 \text{ kgf/mt} + 0.7462 \text{ kgf/mt} = 9.7462 \text{ kgf/mt}$$

### **Volvemos a calcular las reacciones**

$$+\uparrow \sum F_y = 0;$$

$$R_1 + R_2 = F_1 + F_3 + Wt + F_4 + F_2.$$

$$R_1 + R_2 = 9 + 5.5 + 9.7462 * 4 + 5.5 + 17.5$$

$$R_1 + R_2 = 76.48$$

$$(+\curvearrowright \sum M_2 = 0:);$$

$$F_1(3.5) + F_3(3) - R_1(3) + 38.98(1.5) - F_2(0.5) = 0$$

$$3R_1 = 9(3.5) + 5.5(3) + 38.98(1.5) - 17.5(0.5)$$

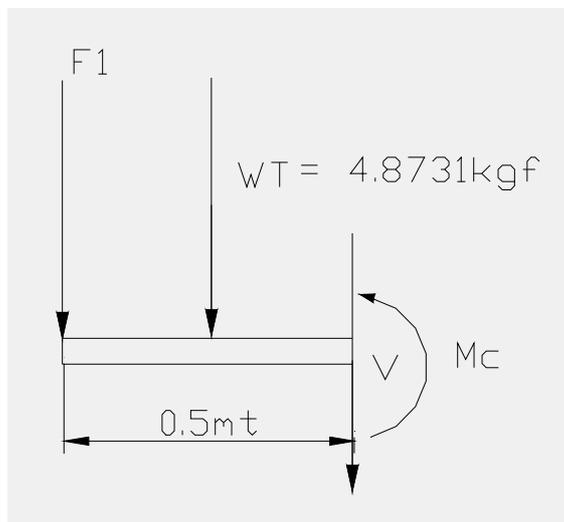
$$3R_1 = 31.5 + 16.5 + 58.47 - 8.75$$

$$R_1 = 32.57 \text{ Kgf}$$

$$R_2 = 43.91 \text{ Kgf}$$

### Volvemos a Calcular el Momento Flexionante Máximo

Hacemos corte en C:



$$(+\circlearrowleft \sum M_C = 0:)$$

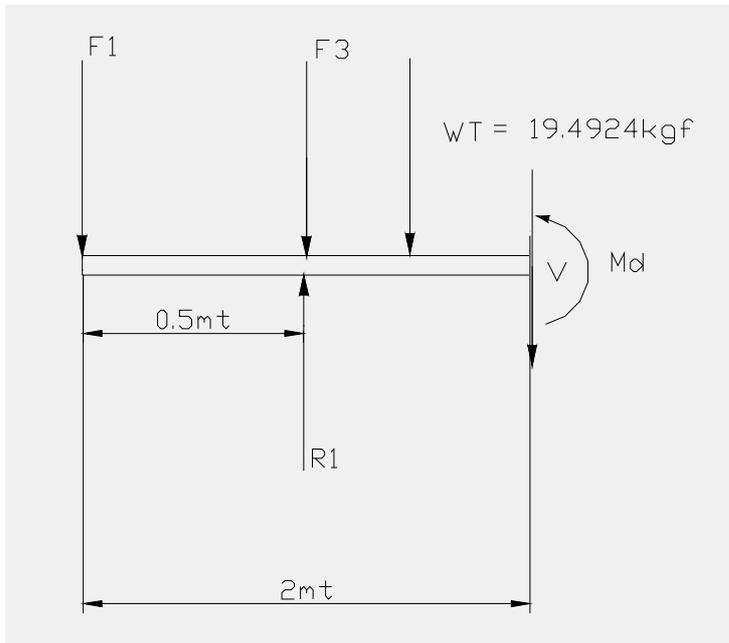
$$F_1(0.5) + 4.8731(0.25) + M_C = 0$$

$$M_C = -9(0.5) - 4.8731(0.25)$$

$$M_C = -4.5 - 1.2182$$

$$M_C = -5.7182 \text{ Kgf.mt}$$

Hacemos corte en D:



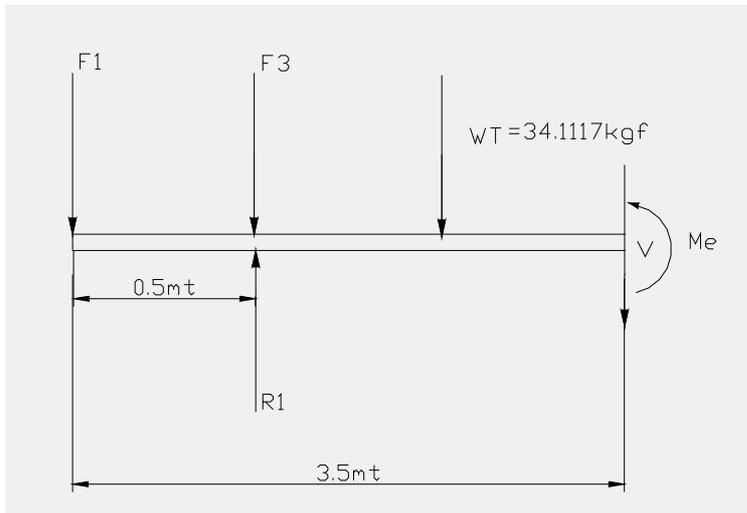
( $+\circlearrowleft \sum M_D = 0$ .)

$$M_D + F_1(2) + F_3(1.5) - R_1(1.5) + 19.4924(1) = 0$$

$$M_D = -18 - 8.25 + 48.855 - 19.4925$$

$$M_D = 3.1126 \text{ Kgf.mt}$$

Hacemos corte en E:



$$(+\circlearrowleft \sum M_E = 0:)$$

$$M_E + F_1(3.5) + F_3(3) - R_1(3) + 34.1117(1.75) = 0$$

$$M_E = -9(3.5) - 5.5(3) + 32.57(3) - 34.1117(1.75)$$

$$M_E = -31.5 - 16.5 + 97.71 - 59.695$$

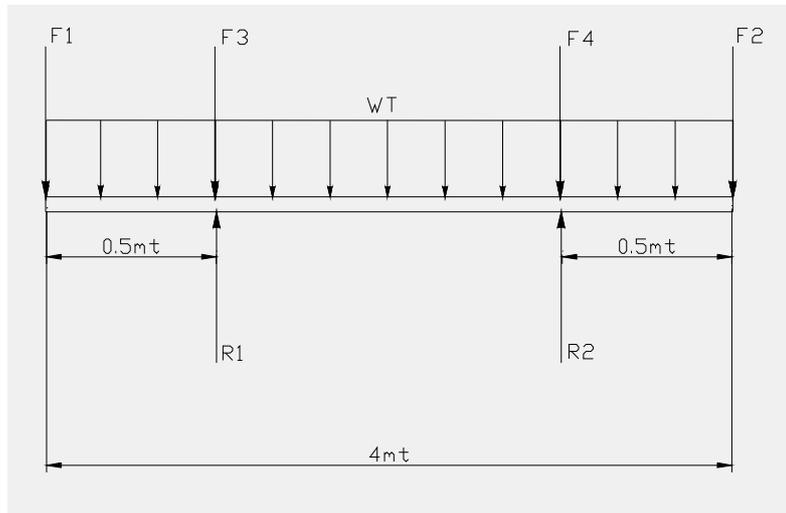
$$M_E = -9.985 \text{ Kgf.mt}$$

El momento flexionante máximo es: 9.985 Kgf.mt

$$S = \frac{988.5 \text{ kgf.cm}}{3374 \text{ kgf/cm}^2} = 0.29 \text{ cm}^3 = 0.0176 \text{ in}^3$$

Y la viga: C<sub>4</sub> \* 5.4 aun cumple su objetivo.

### 3.3. DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR



$$F_1 = 9 \text{ Kgf}$$

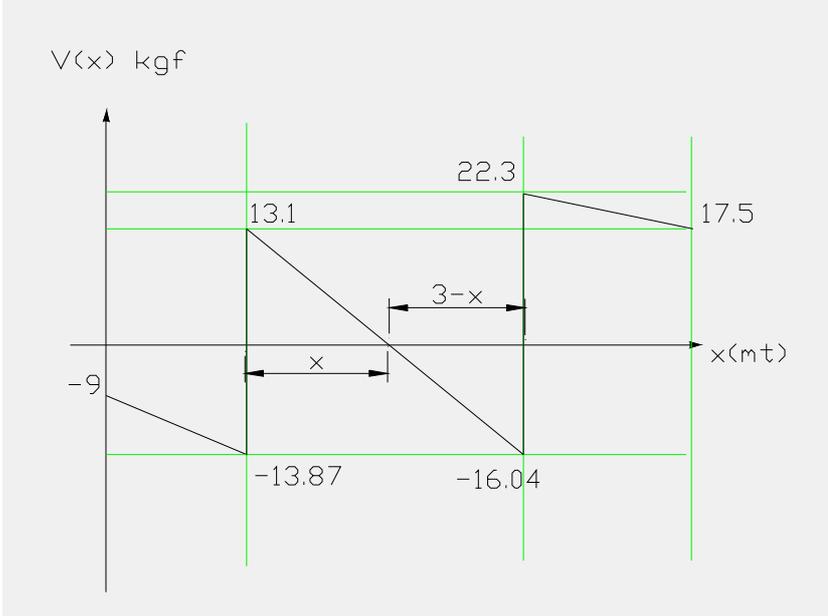
$$F_2 = 17.5 \text{ Kgf}$$

$$F_3 = F_4 = 5.5 \text{ Kgt}$$

$$W = 9.7462 \text{ Kgt/mt}$$

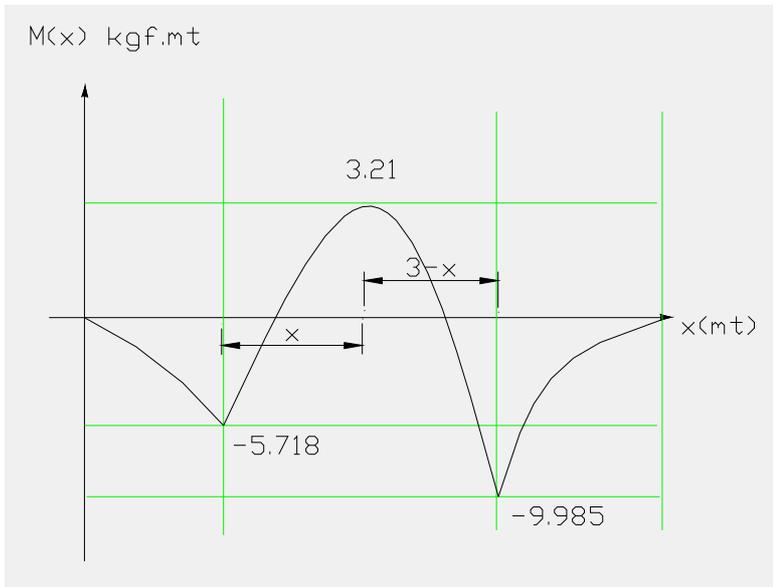
$$R_1 = 32.57 \text{ Kgt}$$

$$R_2 = 43.91 \text{ Kgt}$$



$$\frac{x}{13.1} = \frac{3-x}{16.04}$$

$$x = 1.348\text{mt}$$



### **3.4. ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN (COLUMNAS)**

El análisis y diseño de elementos sometidos a compresión difiere en forma significativa de los elementos sometidos a tensión y a torsión. Si tomara una varilla o barra larga, como una regla de medir y se aplicaran fuerzas gradualmente mayores en cada extremo de la varilla, no sucedería nada al principio; pero después se doblaría (pandería) la barra hasta fracturarse.

El caso contrario ocurriría si se cortara una porción de, por ejemplo, 5mm de largo de la barra o tira y se realizara el mismo experimento en esta pieza más corta, después se observaría que la falla se presenta como una acción aplastante, o sea, como una simple falla por compresión. Por estos motivos conviene clasificar los elementos sometidos a compresión. Según su longitud, y si la carga se aplica en el centro, o bien si es excéntrica.

El término columna se aplica a todos los elementos salvo aquellos en los que la falla sería por compresión simple o pura. Entonces, las columnas se pueden clasificar como:

- Columnas largas con carga central o en el centro.
- Columnas de longitud intermedia con carga central.
- Columnas con carga excéntrica.

- Puntales o columnas cortas con carga excéntrica.

### Formula de la columna de Euler

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{c\pi^2 E}{\left(\frac{L}{k}\right)^2}, \text{ formula (3-55) Joseph Edward, Shigley Charles R. Miskke. Diseño en}$$

Ing. Mecánica.

Donde:

**A:** Area de la sección transversal de la columna

**L/k:** Relación de esbeltez. Esta relación y no la longitud real de la columna se utiliza para clasificar columnas de acuerdo con categorías de longitud.

**Pcr/4:** Carga crítica unitaria. Esta es la carga por unidad de área que se necesita para colocar la columna en una condición de equilibrio inestable. En este estado cualquier pequeña encorvadura de elemento, o un ligero movimiento del apoyo o carga; hará que la columna se colapse.

**E:** Módulo de elasticidad del material

**C:** Constante de condiciones en extremo. (tabla 3-3 Shigley)

Cuando se resuelve la fórmula 3-55 para determinar diversos valores de la carga unitaria  $P_{cr}/4$  en términos de la relación de esbeltez  $l/k$ , se obtiene la curva PQR que se observa en la figura 3-21 (Shigley de Diseño).

En el diseño real de un elemento que funcione como una columna, el diseñador tendrá conocimiento de las condiciones de extremo que se muestran en la figura 3-20 (Shigley), se esforzará para configurar los extremos, utilizando perno, punto de soldadura o pasadores, por ejemplo, de manera que logre la condición de extremos ideal requerido.

Una falla en una columna es siempre repentina, total e inesperada y, en consecuencia, peligrosa. No ocurre advertencia previa. Una viga se doblará y dará una advertencia visual de que está sometida a una carga excesiva; pero esto no sucede con una columna.

### **3.5. DISEÑO DE LAS COLUMNAS**

$$P = 43.91 \text{ Kgf}$$

$$P_{cr} = P * F * S \Rightarrow P_{cr} = 43.91 * 3 = 131,73 \text{ Kgf}$$

$$F.S = 3$$

$$P_{cr} = 131.73 \text{ Kgf} - P_{cr} = 131.73 \text{ Kgf} = \frac{9.8\text{N}}{1\text{kgf}} = 1290.95\text{N}$$

$$P_{cr} = 1290.95\text{N}$$

$$D = 2\text{in} * \frac{2.54\text{cm}}{1\text{in}} * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$$

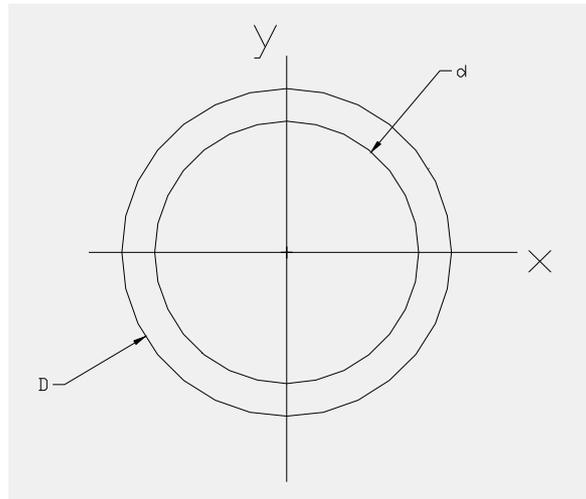
$$D = 5.08\text{cm}$$

$$D = 0.051\text{m}$$

$$E = 207 * 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$L = 2 \text{ mt}$$

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$



$$P_{cr} = \frac{C\pi^2 E I_y}{L^2} = I_x = I_y = \frac{P_{cr} L^2}{C\pi^2 E}$$

$$I_x = I_y = \frac{1290.95 * 2^2}{1.2 * \pi^2 * 207 * 10^9} = \frac{\pi}{64} (0.051^4 - d^4)$$

$$\frac{1290.95 * 4 * 6.4}{1.2 * \pi^3 * 207 * 10^9} = (0.051^4 - d^4)$$

$$d = 0.0499 \text{ m} \cong d = 4.99 \text{ cm}$$

entonces:

$$I = \frac{\pi}{64} (5.08^4 - 4.99^4) = 2.256 \text{cm}^4 * \frac{(10\text{mm})^4}{(1\text{cm})^4} = 2.256 * 10^4 \text{mm}^4$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (5.08^2 - 4.99^2) = 0.711 \text{cm}^2 * \frac{10^2 \text{mm}^2}{1\text{cm}^2} = 0.711 * 10^2 \text{mm}^2$$

$$K = \sqrt{\frac{2.256 * 10^4 \text{mm}^4}{0.711 * 10^2 \text{mm}^2}} = 17.81 \text{mm}$$

$$\frac{L}{K} = \frac{2000 \text{mm}}{17.81 \text{mm}} = 112.29$$

$$\left(\frac{L}{K}\right) \leq \left(\frac{L}{K}\right)_1$$

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = \left(\frac{2\pi^2 CE}{S_y}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{2\pi^2 1.2 * 207 * 10^9}{210 * 10^6}\right)^{\frac{1}{2}} = 152.8$$

Cumple con la condición de Jhonson, de esta manera se utilizará un material AISI 1020 HR con un  $S_y = 210 \text{ Mpa}$ .

### 3.6. SELECCIÓN DE CHUMACERAS

Los ejes tanto el transmisor como el conducido en la mesa de paletizado están en sus extremos soportados por rodamientos con soporte.

Empleando rodamiento con soportes se pueden conseguir disposiciones simples y económicas.

Las unidades comprenden un rodamiento especial rígido de bolas y un soporte de fundición gris o de chapa estampada.

Este tipo de rodamiento son rígidos de bolas, obturados a ambos lados y cuyo aro exterior tiene su superficie exterior esférica. Se fijan fácilmente al eje por medio de un anillo excéntrico o mediante dos prisioneros insertados en el aro interior prolongado, o a través de un manguito de montaje. El diámetro interior de los rodamientos tiene tolerancia “en mas” para que se puedan montar fácilmente sobre los ejes comerciales con tolerancias de h8 a h11.

Todos los rodamientos tienen obturaciones rozantes en ambos lados. Estos rodamientos se suministran lubricados con una cantidad adecuada de grasa lítica y en condiciones normales no es necesario relubricarlos, no obstante si fuera necesario, se pueden relubricar a través de uno o dos agujeros existentes en el aro exterior. La temperatura de funcionamiento permitida es de -30 a +110<sup>0</sup>C.

El diámetro en las puntas de los ejes transmisor y conducido es de 25 mm y basados en esto seleccionando el rodamiento con soporte.

También se tomó el concepto de carga en rodamientos y esta se define como la carga radial constante que puede soportar un grupo de rodamientos aparentemente idénticos, hasta una duración nominal de un millón de revoluciones del aro interior.

Estos rodamientos soportan las cargas de los ejes y piñones las cuales son de 11 kg. Y la carga radial de 72 kg.

El rodamiento con soporte seleccionado y FYTB 25 FJ:

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$A = 43 \text{ mm}$$

$$A_1 = 30 \text{ mm}$$

$$A_2 = 12 \text{ mm}$$

$$D_a = 63.5 \text{ mm}$$

$$H = 124 \text{ mm}$$

$$J = 98.8 \text{ mm}$$

$$L = 70 \text{ mm}$$

$$G = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Capacidad de carga} = 10.800 \text{ N}$$

$$\text{Masa} = 0.76 \text{ Kg.}$$

### 3.7. CADENAS Y PIÑONES

Las características básicas de las transmisiones por cadenas son una relación de velocidad constante (puesto que no hay deslizamientos ni distensión), larga duración o vida útil, y la aptitud de impulsar varios ejes desde una misma fuente de potencia, la tabla 2-1 Faires, ver anexos, muestra las dimensiones de cadenas de rodillos estándares.

El criterio principal de la capacidad de trabajo de una transmisión es la resistencia al desgaste de las articulaciones de la cadena.

La transmisión por cadena que se desea seleccionar es para el accionamiento de la banda transportadora del paletizador.

La relación de engranaje de esta transmisión es:

$$i = \frac{\text{RPM Moto}}{\text{RPM Banda transportadora}}$$

$$20 = \frac{1440}{\text{RPM}}$$

$$\text{RPM} = \frac{1440}{20} = 720$$

De la tabla 2-2 Faires, ver anexos, hallamos que si  $i = 20$

El valor para la cadena de manguitos rodillos es de  $Z_1=21$

$$\text{Entonces } Z_2 = Z_1 \frac{\text{RPM motor}}{\text{RPM Banda transportadora}} = 21 \frac{1440}{720} = 44$$

Si  $Z_1 = 21$  Es posible emplear una cadena con uno cualquiera de los pasos que se indican es la tabla 2-3 Faires, ver anexos, adoptemos  $t = 15 \text{ mm}$ .

Y observamos en la tabla 2-1 Faires, ver anexos, que corresponde a una cadena No. 50.

La longitud aproximada de la cadena es:

$$L = 2C + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{40C} \text{ pasos}$$

$$L = 2(1.587) + \frac{21+44}{2} + \frac{(44-21)^2}{40(1.587)}$$

$$L = 47.674$$

$L$  = Longitud de la cadena

$C$  = Paso de la cadena

$Z_1$  = Número de dientes menor

$Z_2$  = Número de dientes mayor

### **3.8. PIÑONES O RUEDAS CATARINAS**

Aunque se considera deseable un gran número de dientes en una rueda impulsora, en el caso usual es ventajoso obtener una rueda con pocos dientes.

En el caso de una operación uniforme a velocidades moderadas y altas se considera buena práctica usar una rueda impulsora con por lo menos 17 dientes; 19 o 21 darán desde luego una expectativa mejor de vida útil con menor ruido de la cadena. Donde las limitaciones de espacio son importantes o para velocidades muy bajas, pueden utilizarse número de dientes más pequeños sacrificando la expectativa de duración de la cadena.

Las catarinas impulsoras no se fabrican en tamaños estándares con más de 120 dientes, debido a que el alargamiento del paso originará eventualmente que la cadena “cabalque” en alto mucho antes que se desgaste.

En nuestro caso la cadena seleccionada es N° 50

Por tanto las ruedas catarinas seleccionadas son:

Transmisor: 50B-R1

Conducido: 50B-44

### **3.9. SELECCIÓN DE RODILLO Y BANDA TRANSPORTADORA**

El “intralox” es una banda transportadora con correas cuyo diseño es manual y se deben tener en cuenta las siguientes pautas para su construcción:

Debe haber un alineamiento correcto de los ejes y los componentes relacionados para lograr un máximo de eficacia y duración.

La figura 2 muestra el método de triangulación para asegurar los ejes. El uso de este método asegura que los ejes sean paralelos con cada uno, incluso cuando el marco transportador está fuera del cuadrado.

#### **Niveles de carga y simetría.**

Las correas pueden soportar en la parte productiva de su viaje diferentes clases de carga. La superficie y producción de la carga son importantes porque ellas pueden proporcionar una fricción más baja de la superficie corriente y pueden reducir el uso de las correas y su marco.

#### **Rodillos de retorno.**

“Intralox” siempre recomienda que en la vía de retorno se utilicen rodillos, mientras esto no es obligatorio, los rodillos ofrecen ciertas ventajas sobre los deslizadores. Los rodillos permiten satisfacer varias necesidades para incrementar o disminuir la longitud de las correas, ver figura 3.

La máquina que tratamos en cuestión es un paletizador de envases vacíos, su misión es la de paletizar capa por capa los envases recogidos de la línea de fabricación.

La mesa de paletizado recoge los envases a paletizar; estos envases son transportados hacia la estiba mediante un carro transportador, este carro se mueve sobre la viga seleccionada mediante cuatro rodajas.

Estas rodajas son rodamientos que tienen el aro exterior particularmente grueso, capaces de soportar elevadas cargas y choques, estas son unidades listas para montar y se pueden emplear en todo tipo de mandos, pistas de rodadura, mandos de leva, sistemas de transportadores.

Las rodajas o rodillos de leva estrechos serie 3612(00), están basados en los rodamientos rígidos de bolas de la serie 62, tienen la superficie de rodadura bombeada, dos placas de obturación y no necesitan mantenimiento.

Los rodillos de levas anchos están basados en los rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular y de la serie 32 y tienen dos placas de protección.

### **Capacidad de carga**

La zona de contacto de las rodajas depende de su selección y del tipo de trabajo diseñado, dependiendo de la forma cilíndrica o bombeada y de la superficie de rodadura y de la carga.

Las rodajas seleccionadas para el transporte de los envases hacia la estiba son rodajas tipo Vagon de diámetro 2 ½" x ¾"

Ancho = 30 mm.

Diámetro = 62 mm.

### **3.10. SELECCIÓN DE MOTOREDUCTOR**

En la actualidad se pueden usar motores eléctricos que operen con corrientes directa o corriente alterna. Para la selección de estos existen dos características importantes:

Un par de arranque en operación normal.

Los requisitos de velocidad.

## **Motores de Corriente Alterna.**

**Motores de una sola fase:** Se tienen motores monofásicos con arranque de repulsión, repulsión - inducción y de capacitancia.

**Motores de Jaula de Ardilla:** Estos son los motores polifásicos más sencillos y los más comúnmente usado. Tienen devanados primario (estator) y un devanado secundario de jaula de ardilla (Rotor).

Tipos comunes de motores de jaula de ardilla:

- Motores de torque normal, con corriente de arranque normal (Clase A).
- Motores de torque normal, con baja corriente de arranque (Clase B).
- Motores de alto torque de arranque y de baja corriente de arranque (Clase C).
- Motores de alto torque de arranque y alto deslizamiento (Clase D).
- Motores de velocidad múltiple.

**Motores de Rotor Devanado:** Tienen devanados tanto primarios como Secundarios. El devanado primario o estator es el mismo que el de un motor de jaula de ardilla. Los devanadores secundarios o del rotor conectados a anillos colectores, de manera que se puedan introducir resistencia externa en el devanado secundario para el arranque o para regular la velocidad.

**Motores Sincrónicos:** Generalmente consisten de un estator conectado al suministro de corriente alterna y de un rotor con pozos de bobinados conectados a un circuito de corriente directa. La corriente directa se obtiene de una fuente separada de suministro o de un generador de corriente directa llamado excitador, que puede situarse en el extremo del motor. Este motor corre a su velocidad sincrónica, sin tomar en cuenta la carga, de ahí su nombre. Este motor tiene un torque de arranque muy bajo. El motor se arranca como uno de jaula de ardilla y cuando la velocidad alcanza aproximadamente el 95% de la capacidad especificada, la corriente del (Rotor) campo puede aplicarse cuando la posición del rotor se iguala apropiadamente al flujo de corriente alterna en el estator.

**Motores de corriente directa:** Estos motores presentan la ventaja de fácil ajuste en su velocidad, control efectivo, así como la de su aceleración y desaceleración. Aún con las innovaciones del computador los hacen manejar ciclos de trabajos particularmente difíciles. Se encuentran tres tipos:

- Con devanado en paralelo
- Con devanado en serie
- Con devanado compuesto

TIPO DE MOTOR SELECCIONADO  
 N° P56H1338Z  
 HP = ½  
 RPM = 1440  
 60 Hz.  
 Corriente alterna A.C

TIPO DE REDUCTOR  
 Dodge  
 N° MR 5949 12-P-XX  
 HP = 1.14  
 Torque = 587  
 RPM entrada = 1440

#### **4. SELECCIÓN DE CHUMACERAS**

Los ejes tanto el transmisor como el transmitido en la mesa de paletizado están en sus extremos soportados por rodamientos con soporte.

Empleando rodamiento con soportes se pueden conseguir disposiciones simples y económicas.

#### **LAS UNIDADES COMPRENDEN**

Las unidades comprenden un rodamiento especial rígido de bolas y un soporte de fundición gris o de chapa estampada.

Este tipo de rodamiento son rígidos de bolas, obturados a ambos lados y cuyo aro exterior tiene su superficie exterior esférica. Se fijan fácilmente al eje por medio de un anillo excéntrico o mediante dos prisioneros insertados en el aro interior prolongado, o a través de un manguito de montaje. El diámetro interior de los rodamientos tiene tolerancia “en mas” para que se puedan montar fácilmente sobre los ejes comerciales con tolerancias de h8 a h11.

Todos los rodamientos tienen obturaciones rozantes en ambos lados. Estos rodamientos se suministran lubricados con una cantidad adecuada de grasa lítica y en condiciones normales no es necesario relubricarlos, no obstante si fuera necesario, se pueden relubricar a través de uno o dos agujeros existentes en el aro exterior. La temperatura de funcionamiento permitida es de -30 a +110<sup>0</sup>C.

El diámetro en las puntas de los ejes transmisor y transmitido es de 25 mm en base a esto seleccionando el rodamiento con soporte.

También se tomó el concepto de carga en rodamientos y esta se define como la carga radial constante que puede soportar un grupo de rodamientos aparentemente idénticos, hasta una duración nominal de un millón de revoluciones del aro interior.

Estos rodamientos soportan las cargas de los ejes y piñones las cuales son de 11 kg. Y la carga radial de 72 kg.

El rodamiento con soporte seleccionado y FYTB 25 FJ:

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$A = 43 \text{ mm}$$

$$A_1 = 30 \text{ mm}$$

$$A_2 = 12 \text{ mm}$$

$$D_a = 63.5 \text{ mm}$$

$$H = 124 \text{ mm}$$

$$J = 98.8 \text{ mm}$$

$$L = 70 \text{ mm}$$

$$G = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Capacidad de carga} = 10.800 \text{ N}$$

Masa = 0.76 Kg.

#### **4.1. CADENAS Y PIÑONES**

Las características básicas de las transmisiones de cadena son una relación de velocidad constante (puesto que no hay deslizamientos ni distensión), larga duración o vida útil, y la aptitud de impulsar varios ejes desde una misma fuente de potencia, la tabla 2-1Faires, ver anexos, muestra las dimensiones de cadenas de rodillos estándares.

El criterio principal de la capacidad de trabajo de una transmisión es la resistencia al desgaste de las articulaciones de la cadena.

La transmisión por cadena que se desea seleccionar es para el accionamiento de la banda transportadora del paletizador.

Motor eléctrico:

Siendo RPM

RPM Deseado de la banda

La tensión de la cadena se puede regular desplazando

El motor de la plataforma corrediza.

La relación de engranaje de esta transmisión es:

$$i = \frac{\text{RPM Moto}}{\text{RPM Banda transportadora}}$$
$$20 = \frac{1440}{\text{RPM}}$$

$$\text{RPM} = \frac{1440}{20} = 720$$

De la tabla 2-2 Faires, ver anexos, hallamos que si  $i = 20$

El valor para la cadena de manguitos rodillos es de  $Z_1=21$

$$\text{Entonces } Z_2 = Z_1 \frac{\text{RPM motor}}{\text{RPM Banda transportadora}} = 21 \frac{1440}{720} = 44$$

Si  $Z_1 = 21$  Es posible emplear una cadena con uno cualquiera de los pasos que se indican en la tabla 2-3 Faires, ver anexos, adoptemos  $t = 15$  mm.

Y observamos en la tabla 2-1 Faires, ver anexos, que corresponde a una cadena No. 50.

La longitud aproximada de la cadena es:

$$L = 2C + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{40C} \text{pasos}$$

$$L = 2(1.587) + \frac{21 + 44}{2} + \frac{(44 - 21)^2}{40(1.587)}$$

$$L = 47.674$$

L = Longitud de la cadena

C = Paso de la cadena

Z<sub>1</sub> = Número de dientes menor

Z<sub>2</sub> = Número de dientes mayor

## 4.2. PIÑONES O RUEDAS CATARINAS

Aunque se considera deseable un gran número de dientes en una rueda impulsora, en el caso usual es ventajoso obtener una rueda con pocos dientes.

En el caso de una operación uniforme a velocidades moderadas y altas se considera buena práctica usar una rueda impulsora con por lo menos 17 dientes; 19 o 21 darán desde luego una expectativa mejor de vida útil con menor ruido de la cadena. Donde las limitaciones de espacio son importantes o para velocidades muy bajas, pueden utilizarse número de dientes más pequeños sacrificando la expectativa de duración de la cadena.

Las catarinas impulsoras no se fabrican en tamaños estándares con más de 120 dientes, debido a que el alargamiento del paso originará eventualmente que la cadena “cabalque” en alto mucho antes que se desgaste.

En nuestro caso la cadena seleccionada es N° 50

Por tanto las ruedas catarinas seleccionadas son:

Transmisor: 50B-R1

Conducido: 50B-44

#### **4.3. SELECCIÓN DE RODILLO Y BANDA TRANSPORTADORA**

El “intralox” es una banda transportadora con correas cuyo diseño es manual y se deben tener en cuenta las siguientes pautas para su construcción:

Debe haber un alineamiento correcto de los ejes y los componentes relacionados para lograr un máximo de eficacia y duración.

La figura 2 muestra el método de triangulación para asegurar los ejes. El uso de este método asegura que los ejes sean paralelos con cada uno, incluso cuando el marco transportador está fuera del cuadrado.

**Niveles de carga y simetría.**

Las correas pueden soportar en la parte productiva de su viaje diferentes clases de carga. La superficie y producción de la carga son importantes porque ellas pueden proporcionar una fricción más baja de la superficie corriente y pueden reducir el uso de las correas y su marco.

### **Rodillos de retorno.**

“Intralox” siempre recomienda que en la vía de retorno se utilicen rodillos, mientras esto no es obligatorio, los rodillos ofrecen ciertas ventajas sobre los deslizadores.

Los rodillos permiten satisfacer varias necesidades para incrementar o disminuir la longitud de las correas, ver figura 3.

#### **4.4. TRANSPORTE DE LOS ENVASES HACIA LA ESTIBA**

La máquina que tratamos en cuestión es un paletizador de envases vacíos, su misión es la de paletizar capa por capa los envases recogidos de la línea de fabricación.

La mesa de paletizado recoge los envases a paletizar estos envases son transportados hacia la estiba mediante un carro transportador, este carro se mueve sobre la viga seleccionada mediante cuatro rodajas.

Estas rodajas son rodamientos que tienen el aro exterior particularmente grueso, capaces de soportar elevadas cargas y choques, estas son unidades listas para montar y se pueden emplear en todo tipo de mandos, pistas de rodadura, mandos de leva, sistemas de transportadores.

Las rodajas o rodillos de leva estrechos serie 3612(00), están basados en los rodamientos rígidos de bolas de la serie 62, tienen la superficie de rodadura bombeada, dos placas de obturación y no necesitan mantenimiento.

Los rodillos de levas anchos están basados en los rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular y de la serie 32 y tienen dos placas de protección.

### **Capacidad de carga**

La zona de contacto de las rodajas depende de su selección y del tipo de trabajo diseñado, dependiendo de la forma cilíndrica o bombeada y de la superficie de rodadura y de la carga.

Las rodajas seleccionadas para el transporte de los envases hacia la estiba son rodajas tipo Vagon de diámetro  $2 \frac{1}{2}'' \times \frac{3}{4}''$

Ancho = 30 mm.

Diámetro = 62 mm.

#### **4.5. SELECCIÓN DE MOTOREDUCTOR**

##### **MOTORES ELÉCTRICOS**

En la actualidad se pueden usar motores eléctricos que operen con corrientes directa o corriente alterna. Para la selección de estos existen dos características importantes:

Un par de arranque en operación normal.

Los requisitos de velocidad.

##### **Motores de Corrientes Alternas.**

**Motores de una sola fases:** Se tienen motores monofásicos con arranque de repulsión, repulsión - inducción y de capacitancia.

**Motores de Jaula de Ardilla:** Estos son los motores polifáséticos más sencillos y los más comúnmente usado. Tienen devanados primario (estator) y un devanado secundario de jaula de ardilla (Rotor).

Tipos comunes de motores de jaula de ardilla:

- Motores de torque normal, con corriente de arranque normal (Clase A).
- Motores de torque normal, con baja corriente de arranque (Clase B).
- Motores de alto torque de arranque y de baja corriente de arranque (Clase C).
- Motores de alto torque de arranque y alto deslizamiento (Clase D).
- Motores de velocidad múltiple.

**Motores de Rotor Devanado:** Tienen devanados tanto primarios como secundarios. El devanado primario o estator es el mismo que el de un motor de jaula de ardilla. Los devanadores secundarios o del rotor conectados a anillos colectores, de manera que se puedan introducir resistencia externa en el devanado secundario para el arranque o para regular la velocidad.

**Motores Sincrónicos:** Generalmente consisten de un estator conectado al suministro de corriente alterna y de un rotor con pozos de bobinados conectados a un circuito de corriente directa. La corriente directa se obtiene de una fuente separada de suministro o de un generador de corriente directa llamado excitador, que

puede situarse en el extremo del motor. Este motor corre a su velocidad sincrónica, sin tomar en cuenta la carga, de ahí su nombre. Este motor tiene un torque de arranque muy bajo. El motor se arranca como uno de jaula de ardilla y cuando la velocidad alcanza aproximadamente el 95% de la capacidad especificada, la corriente del (Rotor) campo puede aplicarse cuando la posición del rotor se iguala apropiadamente al flujo de corriente alterna en el estator.

### **MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA:**

Estos motores presentan la ventaja de fácil ajuste en su velocidad, control efectivo, así como la de su aceleración y desaceleración. Aún con las innovaciones del computador los hacen manejar ciclos de trabajos particularmente difíciles. Se encuentran tres tipos:

- Con devanado en paralelo
- Con devanado en serie
- Con devanado compuesto

## **TIPO DE MOTOR SELECCIONADO**

N° P56H1338Z  
HP = ½  
RPM = 1440  
60 Hz.  
Corriente alterna A.C

## TIPO DE REDUCTOR

Dodge  
N° MR 5949 12-P-XX  
HP = 1.14  
Torque = 587  
RPM entrada = 1440

## **6. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

### **6.1. EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA**

#### **6.1.1. Condiciones generales de evaluación.**

- **Denominación de la alternativa:** La alternativa tendrán el siguiente nombre:

**ALTERNATIVA.** Se llamará así, “diseño de un paletizador para la fábrica de envases vacíos.

- **Duración de la alternativa:**

**ALTERNATIVA.** Esta máquina con un buen plan de mantenimiento puede tener una vida útil de 10 años.

- **Clase de evaluación a realizar:** La evaluación a realizar tendrá las siguientes características:

a) Alternativas que producen diferente servicio: Se hará una estimación de todos los ingresos y egresos asociados a esta alternativa. Se analizarán los costos de inversión inicial, costos de operación y costos de mantenimiento.

b) Tasa mínima de retorno: 30%

## 6.2. ANÁLISIS DE COSTOS

**6.2.1. Inversión inicial.** La inversión inicial de cada una de las alternativas se presenta en las tablas al final de este capítulo, las cuales contienen valores unitarios de cada uno de los elementos constitutivos de cada sistema y se totaliza en la tabla de valor total de la inversión.

Los valores unitarios obtenidos para el presupuesto, fueron obtenidos de distribuidores nacionales e internacionales y datos proporcionados por el

departamento de mantenimiento e importaciones de **ATUNES DE COLOMBIA S.A.**

- **Presupuesto de mano de obra ALTERNATIVA.** En el desarrollo y montaje de la Alternativa se gastó un total de \$3,500.000.
- **Inversión inicial en ALTERNATIVA.**

$$\begin{aligned} \text{Inversión Inicial} &= (\text{presupuesto de mano de obra}) + (\text{presupuesto de materiales}) \\ &= \$3,500.000 + \$9,678.800 \end{aligned}$$

$$\text{Inversión Inicial ALTERNATIVA} = \mathbf{\$13,178.800}$$

**6.2.2. Costos por mantenimiento.** Los costos por mantenimiento son todos aquellos que entran en el mantenimiento total de la máquina.

#### **Revisión diaria.**

1. Verificar estado de la banda transportadora sin desgastes ni roturas
2. Verificar ausencia de fuga de aceite en el gato hidráulico.
3. Verificar estanqueidad del sistema neumático en el cilindro de sujeción de envases.

Para un total de \$300.000 anuales

### **Revisión semanal.**

1. Engrasar chumaceras de los rodillos de la estructura.

Para un total de \$2,000.000 anuales

### **Revisión mensual.**

1. Revisar estado de piñones y cadenas de transmisión del sistema.
2. Verificar nivel de aceite en el depósito del gato hidráulico.
3. Verificar nivel de aceite en el motoreductor.
4. Verificar ajuste de la estructura.

Para un total de \$400.000 anuales

### **6.2.3. Costos de operación.**

Operarios: En esta alternativa se requieren dos operarios por turno, hacemos los cálculos para un turno diario, lo cual genera costos anuales de \$7,000.000.

Costos de servicio: Se considera que en condiciones normales de trabajo el motor eléctrico empleado consume, a las tarifas anuales \$20.800 por cada turno diario de ocho horas. Los costos anuales para un turno diario de ocho horas son:

Costos anuales = (\$/día)(365 días)

$$\text{Costos anuales} = (\$20.800/\text{día})(365 \text{ días})$$

$$\text{Costos anuales} = \$7,592.000$$

**6.2.4. Ingresos anuales.** Con esta alternativa se pueden organizar 500 envases por día.

$$\text{Envases por día} = 500 \text{ env. recogidos/día}$$

$$\text{Ingresos generados por día} = (\text{envases recogidos/día})(\text{valor unit./env. recog.})$$

$$= (500 \text{ env. recog./día})(\$1300/\text{env. recog.})$$

$$= \$650.000/\text{día}$$

$$\text{Ingresos generados por año} = (\text{ingresos generados/día})(365 \text{ días/año})$$

$$= (\$650.000/\text{día})(365 \text{ días/año})$$

$$= (\$237,250.000/\text{año})$$

### **6.3. EVALUACIÓN ECONOMICA DE LA ALTERNATIVA**

Le haremos el análisis para comparar valores presentes netos de esta alternativa, teniendo en cuenta el esquema siguiente. Luego se mira si es factible hacer esa inversión.

---

### Clases de valores

---

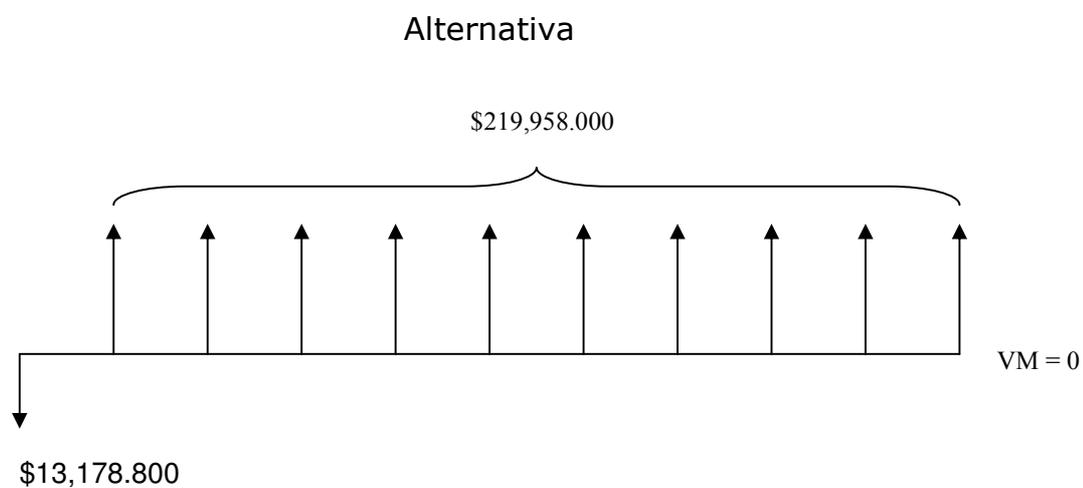
VPN	Valor presente neto
VP	Valor presente
P	Presente
F	Futuro
A	Anualidad
i	Tasa de retorno

---

Observar las tablas de inversión, costos e ingresos. De aquí se obtuvo al información para el análisis individual.

#### 6.3.1. Análisis individual.

Los diagramas de tiempo con las cifras en pesos son:



**Cálculo del valor presente neto (VPN), i\*=30%:**

$$vPN_{i^*} = \sum_{j=0}^n VPI_{i^*,j} - \sum_{j=0}^n VPE_{i^*,j}$$

$$vPN_{i^*} = A(P/A, i^*, n) + F(P/F, i^*, n) - VP$$

$$VPN_{30\%} = A \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) + \frac{F}{(1+i)^n} - VP$$

$$VPN_{30\%} = 219.958.000 \left( \frac{(1+0.3)^{10} - 1}{0.3(1+0.3)^{10}} \right) + \frac{0}{(1+0.3)^{10}} + 13.178.000$$

$$VPN_{30\%} = 219.958.000(3.09) - 13.178.000$$

$$VPN_{30\%} = 666.492.220$$

**Análisis Individual de Factibilidad**

Criterio	VPN>0
Proyecto	SI
Alternativa	SI

Se puede observar que el valor presente es positivo por los tanto se justifica gastar hoy \$13,178.000 es este diseño.

**Tabla Presupuesto para materiales ALTERNATIVA 1**

Materiales	Cantidad	\$/unidad	Costo total
<b>Cilindro hidráulico</b>	1	200.000	200.000
Reductor DODGE No. 5449	1	1500.000	1500.000
Motor eléctrico rpm = 1440, voltaje = 440.AC	1	2900.000	2900.000
Rodaja tipo Vagón, Diám = 62x30	4	40.000	160.000
Gato neumático, Diám = 3x6"	1	550.000	550.000
Banda INTRALOX serie 100	1	900.000	900.000
Tuerca, Diám. = 3/8" – UNC 2B (SAE 5)	60	5400	162.000
Tornillo Diám. = 3/8" – UNC 2Ax1" long.	30	10.000	300.000
Soporte serie FYJB 25FJ	4	80.000	320.000
Soporte en C 1.1/2"x4"x3/16" ESP.	4	70.000	280.000
Rodillo de retorno. Diám. = 60x1,100 long.	4	60.000	240.000
Cadena No. 50	1	120.000	120.000
Piñones	2	50.000	100.000
Ruedas dentadas, 89x3/4"	10	30.000	300.000
Platinas 110x180x3/8" ESP	16	10.000	160.000
Tuercas Diám. 5/8" UNC 2B	8	6.000	48.000
Tornillos Diám. = 5/8"-UNC 2Ax1,1/2" long.	8	9.000	72.000
Platinas 110x110x3/8" ESP	6	7800	46.800
Columnas tubería DN2" SCH 40	4	200.000	800.000
Refuerzo tubería Diám = 1,1/2"x1200	4	55.000	220.000
Chasis de 1200x5200 C4x5,4	2	150.000	300.000
<b>TOTAL</b>			<b>9,678.800</b>

<b>Alternativa</b>	<b>Inversión inicial \$</b>	<b>Costos de Mantenimiento (\$)</b>	<b>Costos de operación (\$)</b>	<b>Ingresos anuales (\$)</b>	<b>Valor del mercado en el año (\$)</b>
<b>Alternativa</b>	13.178.000	2.700.000	14.592.000	237,250.000	0

Calculamos los ingresos netos anuales, restándole a los ingresos anuales, los costos de mantenimiento y operación.

Ingresos anuales netos = (ingresos anuales) – (costos de mantenimiento) – (costos de operación)

<b>Alternativas</b>	<b>Inversión inicial \$</b>	<b>Ingresos netos anuales \$</b>	<b>Valor del mercado en el año (\$)</b>
<b>Alternativa 1</b>	13.178.000	219.958.000	0

## CONCLUSIONES

Como conclusión de este trabajo podemos citar las siguientes:

- Los cálculos de la estructura de la máquina son de gran importancia, nos permite apreciar cómo se aplican ciertos conceptos básicos de diseño.
- Los cálculos del sistema hidráulico se realizaron teniendo en cuenta la carga crítica máxima y así podemos darnos cuenta cuáles son las partes que están en capacidad de soportar el mayor esfuerzo.
- Se establece un plan de mantenimiento adecuado para la máquina, para lograr un funcionamiento óptimo de esta.
- Se realiza una minuciosa selección de la sustancia de trabajo para el gato hidráulico.

- La selección de chumaceras, rodamientos, cadenas, piñones, banda transportadora, nos permite conocer y adquirir destreza para manejar los diferentes catálogos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ACADEMIA, Hutte Berlin. Manual de ingeniero. Barcelona, Gustavo Gilli, S.A., 1974, 1912 p.
- FRATSCHNER, O. Elementos de máquinas. Barcelona, Gustavo Gilli, S.A. 1974, 495 p.
- JANSEN, C. H. Dibujo y diseño de ingeniería. México, Mc. Graw Hill, 1973, 760 p.
- MARKS, LIONEL S. Manual del ingeniero mecánico. México, Mc. Graw Hill, 1982, 183 p.
- MORING, Faires Virgil. Diseño de elementos de máquina. Barcelona, Montaner y simon S.A, 1997, 802 p.
- SHIGLEY, José PHE. Diseño en ingeniería mecánica. México, Mc Graw Hill S.A. 1983, 915p.
- SINGER, Ferdinand L. Resistencia de materiales. México, Harla S.A. 1971, 636p.

## **ANEXOS**