

T  
621.9  
ALB



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica  
Y Ciencias de la Producción**

**"DISEÑO DE UN MEZCLADOR PARA PRODUCIR ALIMENTOS  
BALANCEADOS"**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

**ANGEL ALFREDO ALBÁN BUSTAMANTE**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**AÑO**

**1998**

# AGRADECIMIENTO

ING. MANUEL HELGUERO, Director  
de tesis; ING. ALFREDO TORRES,  
DR. JOSE MARÍN; por su ayuda y  
colaboracion para la  
realización de este trabajo.

# DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A TODOS LOS AMIGOS QUE ME  
ANIMARON DURANTE ESTA CARRERA.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

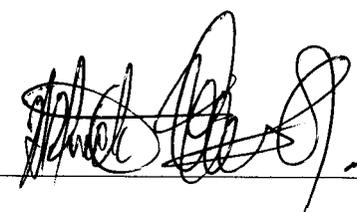
---

Ing. Eduardo Rivadeneira  
DECANO DE LA FIMCP



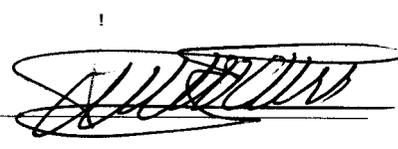
---

Ing. Manuel Helguero  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Alfredo Torres  
VOCAL



---

Ing. Edmundo Villacís  
VOCAL

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL."

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A. Alfredo Alban B.

A. Alfredo Alban B.

## **RESUMEN**

Este proyecto consiste en el diseño de un mezclador para producir alimentos balanceados. Este equipo debe homogeneizar una mezcla de harinas para un posterior paso en la elaboración de alimentos balanceados mientras dicha mezcla recibe un aditivo compuesto de agua, melaza y otros elementos enriquecedores.

La parte del proceso que nos interesa es una homogeneización de harinas para la elaboración de alimentos balanceados. Comienza con harinas de pescado y camarón que ya han sido elaboradas y que por medio de un elevador de cangilones son llevadas hasta una tolva dosificadora. Luego deben ser mezcladas para homogeneizar la mezcla. Al salir de la etapa de mezclado pasan a un transporte de tornillo sin fin y a un elevador de cangilones para luego seguir a una próxima etapa del proceso.

Los equipos que deben ser diseñados son:

- o el mezclador, como equipo principal,
- la tolva dosificadora,
- los elevadores de cangilones y

- la estructura soporte del sistema, como equipos adicionales.

A continuación una descripción de las funciones específicas que debe desempeñar cada uno de estos equipos:

1. Tolva Dosificadora: A este dispositivo llega una mezcla de harinas con una densidad relativa promedio  $\rho = 0.45$ , hasta completar una capacidad de 500 kg. Cuando esta capacidad es alcanzada debe abrirse una compuerta para descargar instantáneamente la mezcla en el cocinador preparador. Debe tenerse especial cuidado de proteger a la tolva de la acumulación de harinas en su interior, para lo cual se debe instalar un sistema de martillo neumático, ya que la humedad provocara que las harinas se apelmacen y no desciendan al mezclador, además de que disminuiría la capacidad real de la tolva.

2. Mezclador: Descargadas las harinas desde la tolva, estas serán mezcladas por medio de un mecanismo de helices que darán un movimiento rotatorio. Además, unas tuberías interiores pulverizarán una mezcla de agua, melaza y enriquecedores. La capacidad de este equipo debe ser también de 500 kg. y deben ser descargados a la tolva de

descasga por medio de una compuerta de accionamiento neumático.

3. Tornillo sin fin de Descarga: Una vez completado el proceso de mezclado, el producto debe ser descargado por un tornillo sin fin hacia un elevador de cangilones.
4. Elevadores de Cangilones: Como se ha descrito ya, la tolva dosificadora es alimentada por un elevador de cangilones y el tornillo sin fin descarga en un elevador de cangilones, los cuales trabajaran bajo diferentes condiciones de flujo de material.

Este diseño no pretende quedarse en un simple dimensionamiento y selección de otros parámetros del equipo para una carga determinada que debe manejar, sino que espera establecer modelos para el diseño de cada uno de sus componentes. De esta forma, para cada carga y para cada juego de condiciones en las que trabajará el equipo, no habrá mas que aplicar el modelo a dichos datos y con esto el diseño estara listo y ahorrara horas de trabajo en el diseño particular para cada caso.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
SIMBOLOGÍA .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE PLANOS .....	X
INTRODUCCION .....	1
1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	2
1.1. Descripción general del proceso.....	2
1.2. Descripción detallada de la parte del proceso que nos interesa.....	3
1.3. Identificación de los problemas a resolver.....	4
1.4. Soluciones de los problemas.....	5
2. DISEÑO DE FORMA .....	7
2.1. Parametros de los que parte el diseño.....	7
2.2. Descripción general del equipo a diseñar .....	8
3. DISEÑO DEL MEZCLADOR.....	12
3.1. Diseño de la Carcaza .....	12
3.2. Disefio del sistema de tuberias.....	22
3.3. Disefio del sistema de helices.....	26
3.4. Disefio Y selección del tornillo sin fin de descarga.....	36

4	CALCULO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS ADICIONALES .	44
	4.1. Tolva de alimentación.....	44
	4.2. Elevadores de cangilones.....	46
	4.3. Estructura soporte del sistema.....	48
5	ANALISIS DE COSTOS.	55
	5.1. Costo de los materiales.....	55
	5.2. Costo de la mano de obra.....	56
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
	APENDICES.....	70
	BIBLIOGRAFIA.....	106

# SIMBOLOGÍA

- $d_i$ : diámetro interior de la carcaza [m]  
 $e$ : espesor de la hélice [mm]  
 $F$ : fuerza [kN]  
 $F_s$ : factor de sobrecarga  
 $g$ : aceleración de la gravedad [ $m/s^2$ ]  
 $h$ : altura del mezclador [m]  
 $k_s$ : Factor de Marin de superficie  
 $k_b$ : Factor de Marin de tamaño  
 $k_c$ : Factor de Marin de carga  
 $k_d$ : Factor de Marin de temperatura  
 $k_e$ : Factor de Marin de efectos diversos  
 $l$ : longitud del mezclador [m]  
 $m$ : masa de la carga d harinas [kg]  
 $n$ : cantidad de revoluciones de helices  
 $N$ : velocidad del mezclador [RPM]  
 $P$ : potencia [watt]  
 $P_c$ : potencia para mover la carga [watt]  
 $p_i$ : presión interior de la carcaza [Pa]  
 $P_t$ : potencia total [watt]  
 $P_v$ : potencia cn mezclador vacio [watt]  
 $r$ : brazo del torque con mezclador cargado [m]  
 $R$ : Radio en coordenadas cilindricas [m]  
 $R_i$ : radio interior de hélice [m]

$r_i$ : radio interior de la carcaza [m]  
 $R$ : radio exterior de hélice [m]  
 $r_o$ : radio exterior de la carcaza [m]  
 $S$ : limite de resistencia a la fatiga del elemento mecanico [MPa]  
 $S'_e$ : limite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria [MPa]  
 $S_{sy}$ : resistencia a la fluencia en cortante [kPa]  
 $S_{ut}$ : resistencia minima a la tensión [MPa]  
 $S_y$ : resistencia a la fluencia [kPa]  
 $t$ : espesor de placa de la carcaza [mm]  
 $V$ : volúmen que ocupa la helice [m<sup>3</sup>]  
 $w$ : peso de hélices [kN]  
 $\alpha$ : angulo de helice [rad]  
 $\phi$ : diámetro del mezclador [m]  
 $\eta$ : factor de seguridad de diseño  
 $\eta_f$ : factor de seguridad en fatiga  
 $\eta_m$ : eficiencia motriz  
 $\mu_m$ : coeficiente de rozamiento del material  
 $\mu_r$ : coeficiente de rozamiento del rodamiento  
 $\theta$ : angulo en coordenadas rectangulares [rad]  
 $p$ : densidad de la carga de harinas [kg/m<sup>3</sup>]  
 $\sigma_a$ : amplitud del esfuerzo [Pa]

$\sigma_m$ : esfuerzo a medio intervalo [Pa]

$\sigma_{max}$ : esfuerzo maximo [Pa]

$\sigma_{min}$ : esfuerzo minimo [Pa]

$\sigma_l$ : esfuerzo normal logitudinal [kPa]

$\sigma_r$ : esfuerzo normal radial [kPa]

$\sigma_t$ : esfuerzo normal tangencial [kPa]

$\sigma_{t,max}$ : esfuerzo normal tangencial maximo [kPa]

$\tau_{max}$ : esfuerzo cortante maximo [kPa]

$\tau$ : torque [kNm]

$\omega$ : frecuencia angular [rad/s]

$\nabla$ : Volúmen de la carga de harinas [m<sup>3</sup>]

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Esquema del mezclador.....	14
Figura 3.2	Dimensiones generales de la carcaza.....	19
Figura 3.3	Disposición de tuberías y boquillas.....	26
Figura 3.4	Detalle de la hélice abierta.....	31

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Espacio disponible.....	8
Tabla 3.1	Parametros de diseño de la carcaza.....	15
Tabla 3.2	Dimensiones generales de la carcaza.....	18
Tabla 3.3	Espesor de la pared de la carcaza.....	22
Tabla 3.4	Calculo del espesor de la hélice.....	41
Tabla 3.5	Calculo del arbol de helices.....	42
Tabla 3.6	Calculo de la Potencia del motor.....	43
Tabla 4.1	Dimensiones de la tolva.....	45
Tabla 4.2	Selección del perfil de la viga superior.....	53
Tabla 4.3	Selección del perfil de las columnas.....	54

# ÍNDICE DE PLANOS

Dibujo 1	Diseño de forma.....	107
Dibujo 2	Carcaza del mezclador.....	108
Dibujo 3	Arbol de helices con helices.....	109
Dibujo 4	Hélice mayor.....	110
Dibujo 5	Hélice menor.....	111
Dibujo 6	Mezclador con sus componentes.....	112
Dibujo 7	Tolva. Mezclador y sin fin de descarga.....	113
Dibujo 8	Estructura soporte.....	114

# INTRODUCCIÓN

El proceso de fabricación de alimentos balanceados comienza con la molienda de la materia prima que puede ser pescado, camarones, trigo, maíz, palmiste, etc. El resultado de este proceso son harinas diversas que deben ser mezcladas en diferentes proporciones de acuerdo a la fórmula que se vaya a preparar. Adicionalmente se le agrega una mezcla de agua y melaza junto con vitaminas y otros enriquecedores. Esta mezcla se homogeneiza y pasa a etapas de acondicionamiento previas a la elaboración de los pellets que es su forma final.

La parte del proceso que nos interesa es la del mezclado y homogeneización. Esta sera realizada por medio de helices que empujaran en diferentes direcciones la mezcla de harinas y por la pulverización de agua, melaza y otros enriquecedores.

# **CAPÍTULO 1°**

## **ANÁLISIS DEL PROBLEMA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Para la solución de cualquier problema, lo primero es definir el problema y plantear las posibles soluciones.

### **1.1. Descripción general del proceso.**

El proceso de producción de alimentos balanceados es relativamente sencillo. Comienza por la elaboración de harinas de diversos tipos **que** pueden ser de pescado, de camarones, de trigo, de maíz, polvillo, soya, palmiste, afrecho, huesos, etc. En algunos casos estas harinas son compradas a proveedores, por lo tanto pueden considerarse como la materia prima de este proceso.

Posteriormente, se debe estudiar la humedad de cada uno de los componentes de cada fórmula que se vaya a preparar, para poder controlar el nivel de humedad del

producto final. Una vez decidida la fórmula a preparar, esta se dosifica en un mezclador que debe homogeneizar la mezcla. Al mismo tiempo a las harinas se les agregan aditivos para enriquecer el alimento.

El paso siguiente luego de obtener una mezcla homogénea y enriquecida es el acondicionamiento antes del peletizado y finalmente el peletizado. Antes de estos dos últimos pasos, el alimento balanceado ya está listo, solo que se lo aglutina en pellets según las necesidades alimenticias del animal que lo vaya a consumir.

## **1.2. Descripción detallada de la parte del proceso que nos interesa.**

La parte que interesa en este proceso es la parte del mezclado. Como se ha dicho, en esta parte son vertidas en un mezclador cantidades de harina de acuerdo a la fórmula que se vaya a preparar. Estos elementos vienen con diferentes granulometrias y densidades, razón por la cual, para que el alimento tenga iguales propiedades en cualquier porción, es indispensable que se homogeneice la mezcla. Este proceso consiste en ocasionar flujo multidireccional del material a mezclar, para obtener

los resultados esperados. Sin embargo, el alimento, en esta parte, debe ser enriquecido con una mezcla húmeda de agua, melaza, vitaminas, minerales, etc. Lo ideal sería que estos enriquecedores pudieran obtenerse en polvo para poder incluirlos en la fórmula original del producto. Al no ser eso posible, la mezcla húmeda debe distribuirse uniformemente al mismo tiempo que se homogeneiza el producto. Haciendo esto se logra incluir la mezcla húmeda de manera uniforme y no localizada, alcanzando el objetivo mencionado con anterioridad de tener un producto de similares cualidades en cualquier porción.

### **1.3. Identificación de los problemas a resolver.**

Una vez que se conoce claramente cuales son los objetivos que deben alcanzarse en la parte que nos interesa, hay que identificar los problemas que deben resolverse y la forma en que se lograra.

El primer problema que debe resolverse es la forma en que se lograra el flujo multidireccional de material. Existen varias opciones: mezclado por volteo, mezclado

por revolucibn vertical y mezclado por revolucibn horizontal.

El segundo problema a resolver es la forma en que se agregaran los enriquecedores a la mezcla original. Para este problema existen 2 soluciones: Distribución por goteo y distribución por pulverización.

Estos dos son los únicos problemas que deben ser resueltos en proceso exclusivamente de mezciado.

#### **1.4. Soluciones de los problemas.**

Como ya se ha dicho en la sección anterior existe mas de una solución a cada uno de los problemas a resolver, por lo tanto, para poder elegir una sola se harán 2 matrices de decisión que indicarán lo mas apropiado a cada problema. Con esto, quedan establecidas las soluciones a los problemas a resolver.

Matriz para la selección del método de mezclado

	Volteo	Rev. Vertical	Rev Horizontal
Efectividad (30)	20	10	30
Construccibn (20)	20	15	15
Seguridad (20)	10	20	20
Costo (30)	30	20	20
<b>Total (100)</b>	<b>80</b>	<b>65</b>	<b>85</b>

Matriz para la seleccibn del método del agregado de  
enriquecedores.

	Goteo	Pulverizacibn
Efectividad (30)	15	30
Construccibn (20)	15	20
Operacibn (20)	20	20
Costo (30)	30	20
<b>Total (100)</b>	<b>80</b>	<b>90</b>

## **CAPÍTULO 2°**

### **DISEÑO DE FORMA**

#### **2.1 Descripción de los parámetros de los que parte el diseño.**

El equipo a diseñar debe ser capaz de procesar 5 toneladas por hora. Además se especifica que la carga que procesa en cada ciclo no es de las 5 toneladas sino de media tonelada, lo cual da 6 minutos a cada carga. Para efectos de dimensionamiento del equipo se debe tomar en cuenta un valor promedio de densidad de 450 kg/m<sup>3</sup>. estos datos también servirán para el diseño de los elevadores de cangilones.

Otro de los parámetros importantes para el diseño de este equipo es el espacio disponible para su instalación que es el siguiente:

Tabla 2.1  
Espacio disponible.

Dimensión	Medida [m]
Largo	3.00
Ancho	1.50
Alto	3.50

Por tratarse de un producto de tipo alimenticio se sugiere la utilización de acero inoxidable 304 para todos los componentes que estaran en contacto con el producto.

Al pulverizarse una mezcla de agua, melaza y otros enriquecedores, es necesario conocer la presión y el caudal que pueden variar y dependeran de los difusores que se utilicen.

## **2.2 Descripción general del equipo a diseñar.**

Se ha explicado ya que en este proceso se parte de una mezcla de harinas previamente elaboradas, que deben ser alimentadas al mezclador. Esto revela la necesidad de construir una tolva dosificadora que reciba material continuamente hasta completar la carga de cada ciclo.

Estos equipos son colocados uno encima de otro, por lo que para poder subir la mezcla de harinas es necesario también un elevador de cangilones.

Al terminar el ciclo del mezclador se debe sacar la carga rápidamente de aquel, papel que desarrolla un transporte de tornillo sin fin. Este último equipo esta en el punto mas bajo del equipo, por lo que para pasar a una siguiente etapa que comienza en un punto alto respecto al mezclador para lo cual sera idóneo otro elevador de cangilones.

### **2.2.1 Tolva Dosificadora.**

A este dispositivo llega la mezcla de harinas, hasta completar un capacidad de 500 kg. Cuando esta capacidad es alcanzada debe abrirse una compuerta para descargar instantaneamente la mezcla en el preparador. Debe tenerse especial cuidado de proteger a la tolva de la acumulación de harinas en su interior, para lo cual se debe instalar un sistema de martillo neumático, ya que la humedad provocara que las harinas se apelmacen y no desciendan al mezclador, además de que disminuiría la capacidad real de la tolva.

### **2.2.2 Mezclador**

Descargadas las harinas desde la tolva, estas serán mezcladas por medio de un mecanismo de helices que darán un movimiento rotatorio y un movimiento de avance y retroceso. Además, unas tuberías interiores pulverizarán una mezcla de agua, melaza y enriquecedores. La capacidad de este equipo debe ser también de 500 kg. y deben ser descargados a través de una compuerta de accionamiento neumático a un transporte de tornillo sin fin.

### **2.2.3 Tornillo sin fin de Descarga.**

Una vez completado el proceso de mezclado, el producto debe ser descargado por un tornillo sin fin de gran velocidad hacia un elevador de cangilones.

### **2.2.4 Elevadores de Cangilones**

Como se ha descrito ya, la tolva dosificadora es alimentada por un elevador de cangilones y el tornillo sin fin descarga en otro elevador de cangilones, los cuales trabajarán bajo las mismas condiciones de flujo de material.

Presentamos el dibujo 1 que ilustra una idea general de lo que será el mezclador con la tolva y el tornillo sin fin de descarga.

## **CAPITULO 3"**

# **DISEÑO DEL MEZCLADOR**

### **3.1. Diseño de la carcaza.**

El diseño de la carcaza, al ser su papel exclusivamente la contención de los sistemas de helices y tuberías, y la mezcla de harinas, consiste en un simple dimensionamiento.

Previo al dimensionamiento es conveniente presentar un esquema de la forma geométrica que tendrá la carcaza, esquema tal que se muestra en la figura 3.1.

#### **3.1.1. Parámetros de partida de la carcaza.**

El diseño de la carcaza parte de varios parámetros que deben ser considerados. El primero de ellos es el tamaño de la carga que debe manejar porque de este dependerán sus dimensiones finales. La carga viene

Figura 3.1  
Esquema general de la carcaza.

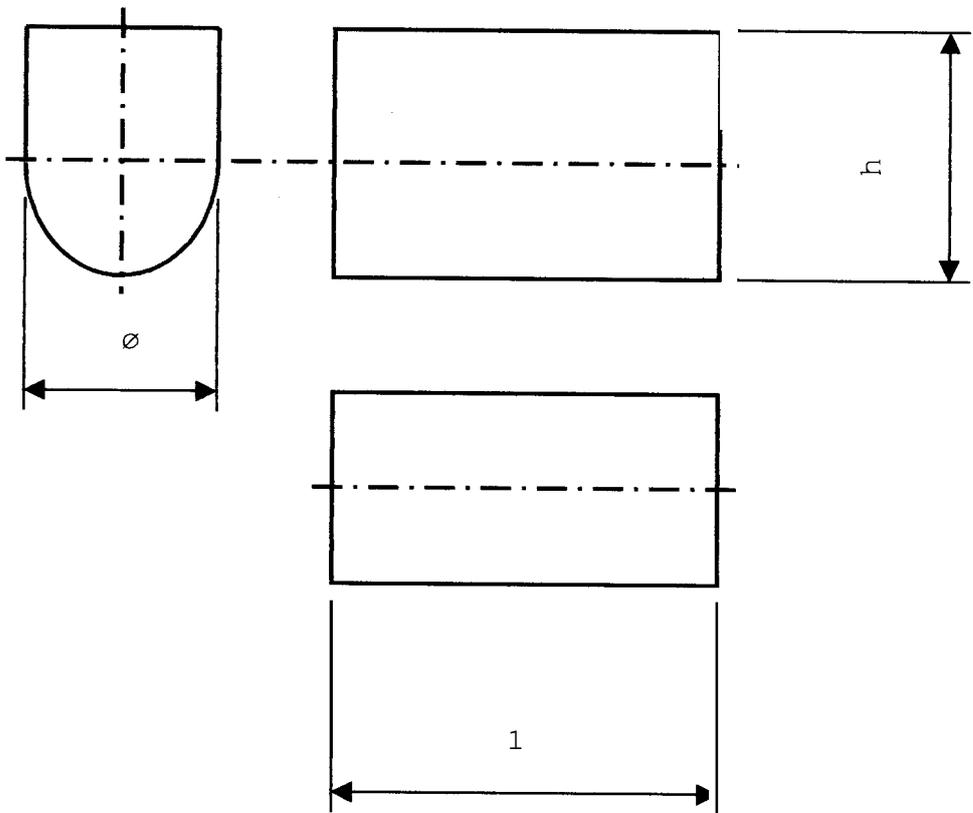


Figura 3.1.

especificada según su masa, es decir, en toneladas metricas. Sin embargo, este último dato no es suficiente, puesto que el volumen que ocupara la carga es muy variable, dependiendo de la fórmula que se vaya a preparar. Así, un segundo parametro necesario, es la densidad relativa promedio maxima de la carga que recibira el mezclador.

Como un tercer parametro a considerar, esta el nivel hasta donde debe ser llenado el mezclador, el cual es un parametro mas o menos fijo. El nivel llega hasta haber completado el semicilindro que forma la parte inferior del mezclador y es un nivel utilizado ordinariamente en este proceso de mezclado.

Hemos dicho anteriormente que se utilizará una densidad relativa promedio, lo cual deja abierta la posibilidad de variaciones en el nivel, sin embargo, estas variaciones son pequeñas, lo suficiente como para no producir cambios importantes en el nivel del que se habla.

Conocidos estos parametros involucrados en el diseño de la carcaza, es necesario dar estos valores para el caso del que se trata para poder efectuar calculos que

ilustren con claridad el modelo propuesto. Dichos valores los presentamos en la tabla 3.1.

Tabla 3.1  
Parámetros para el diseño de la carcaza.

m (kg)	500
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	450
Nivel	Hasta llenar el semicilindro.

### 3.1.2. Factores del dimensionamiento

Existen factores importantes para el dimensionamiento de la carcaza. El primero de ellos es la relación que debe existir entre el diámetro y la longitud del mezclador. Este factor se muestra afectado por la geometría de las helices. Por esto, es necesario determinar esta geometría antes de un diseño definitivo de la carcaza, así que mientras se utilizará una relación aproximada entre la longitud y el diámetro del mezclador de 2.4:1.

El segundo factor para el dimensionamiento de la carcaza es que tan alta será la carcaza por sobre su diámetro, para lo cual es necesario calcular primero las necesidades del sistema de tuberías, por lo tanto utilizaremos provisionalmente una relación aproximada

entre el diámetro de la carcaza y la altura del mezclador de 6:5.

El tercer y último factor para el dimensionamiento de la carcaza nos dirá cual será el grosor de placa para la carcaza, ya que esta deberá soportar la carga a recibir, además de los sistemas de helices y tuberías

### **3.1.3. Modelo para el dimensionamiento de la carcaza.**

Conocidas todas los parametros y los factores para el diseño de la carcaza ahora solo queda decidir la forma de llevar a cabo el dimensionamiento, cosa que constituirá un modelo para la construcción de cualquier mezclador.

Como se dijo anteriormente, el mezclador debe ser llenado solamente hasta cubrir el semicilíndro de su parte inferior, por lo tanto la capacidad de esta sección debe albergar 500 kg. o el tamaño de carga que se elija. El volúmen que dicha carga ocupara dependiendo de la masa se calcula segdn (a):

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (a)$$

Además, el mismo volúmen puede calcularse como ya dijimos por el volúmen de un semicilíndro, como (b) :

$$V = \frac{\pi\phi^2 l}{8} \quad (b)$$

Resolviendo el sistema compuesto por (a) y (b) y además como conocemos que la relación entre  $l$  y  $\phi$  es de 2.4:1, es fácil hallar el valor de  $l$  y de  $\phi$  según cada tamaño de carga y la densidad promedio con una hoja electrónica, como se muestra en la tabla 3.2 aplicando la solución al sistema:

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{8m}{2.4\pi\rho}} \quad (c)$$

Para hallar el valor de  $h$  que depende exclusivamente del valor de  $\phi$  no hay que hacer nada más que utilizar el factor ya conocido para esto, resultando valores que se han incluido también en la tabla 3.2.

Finalmente el valor del grosor de placa para la carcaza depende de otros valores que de momento no son posibles calcular en su totalidad, por lo que lo que se hará es

calcular el valor necesario para soportar la carga debida a la mezcla de harinas unicamente.

Para el cálculo del grosor de placa haremos uso de la teoria de esfuerzos en cilindros de paredes delgadas'. La teoria de cilindros de paredes delgadas solo sirve en casos en los que la relación radio sobre grosor sea mayor de 20, y como se ve en los valores obtenidos en la tabla 3.2 eso sucederá en cualquiera de los casos.

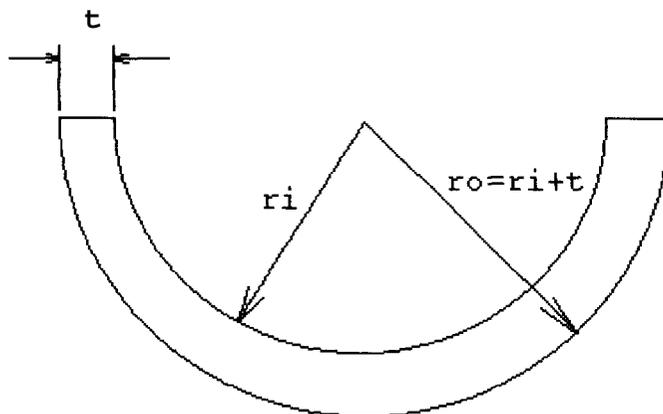
Tabla 3.2  
Dimensiones generales de la carcaza.

Masa [kg]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Diametro [m]	Largo [m]	Altura [m]
<b>500</b>	<b>450</b>	<b>1.056</b>	<b>2.535</b>	<b>1.268</b>
1000	450	1.331	3.194	1.597
2000	450	1.677	4.025	2.012
3000	450	1.920	4.607	2.304
4000	450	2.113	5.071	2.535
5000	450	2.276	5.462	2.731
6000	450	2.419	5.805	2.902
7000	450	2.546	6.111	3.055
8000	450	2.662	6.389	3.194
9000	450	2.769	6.645	3.322
10000	450	2.868	6.882	3.441

Así, consideraremos que la mezcla de harinas se comporte como un fluido y que por lo tanto ejerce presión hidrostática sobre las paredes del mezclador. Esto como se sabe hace descartar cualquier punto que no sea el

fondo del mezclador que es donde las presiones serán mayores y por lo tanto este será el punto crítico del cilindro.

Figura 3.2  
Cilindro de paredes delgadas.



Como puede apreciarse en la figura 3.2, las dimensiones que ahora entran en juego son el radio interno, el radio externo y el grosor de placa. Como se ha explicado, solo existe presión en la parte interna, por lo que según la teoría de esfuerzos en cilindros<sup>1</sup>, los 3 esfuerzos que resultan son el esfuerzo radial:

$$(\sigma_r \ll \sigma_t) \wedge (\sigma_r \ll \sigma_l) \Rightarrow \sigma_r \approx 0 \quad (d)$$

el esfuerzo tangencial:

$$\sigma_{t, \max} = \frac{p_i(d_i + t)}{2t} \quad (e)$$

y el esfuerzo longitudinal:

$$\sigma_l = \frac{p_i d_i}{4t} \quad (f)$$

y la presión interna

$$p_i = \rho g r_i. \quad (g)$$

Ahora, es necesario elegir un factor de seguridad que debe ser introducido en (h):

$$\tau_{\max} \leq \frac{S_{sy}}{\eta} \quad (h)$$

Ese valor ha sido fijado en 4, para considerar factores como el peso del material de la carcasa, la presencia de objetos extraños, una variación anormal de la densidad de la mezcla de harinas, etc.

Tal como está recomendado, debe seguirse el criterio del esfuerzo cortante máximo<sup>1</sup>, que en resumidas cuentas establece que:

(i)

El esfuerzo tangencial actúa en una dirección tangente a la circunferencia del fondo de Pa carcaza, mientras que el esfuerzo longitudinal actúa a lo largo de la carcaza. Aplicando los conocimientos de mecánica de sólidos<sup>2</sup> llegamos a obtener que:

$$\tau_{\max} = \left| \frac{\sigma_{t,\max} - \sigma_l}{2} \right| \quad (j)$$

Se ha elegido el acero inoxidable 304 para la fabricación de la carcaza por ser el recomendado por los profesionales de alimentos para este fin. Los cálculos subsiguientes están hechos de acuerdo a las propiedades de este material, sin embargo puede calcularse para otros materiales que en general son aceros inoxidables cuyas propiedades pueden verse en el apéndice A.

Aplicando las propiedades del material en la ecuación (h) y aplicando esto a la ecuación (j) tenemos que:

$$\tau_{\max} = \left| \frac{\sigma_{t,\max} - \sigma_l}{2} \right| \quad 5 \text{ MPa} \quad (k)$$

Si aplicamos ahora las ecuaciones (e) y (f) en la ecuación (k) sabiendo que  $d_i = 2r_i$  y resolvemos para  $t$ ,

habremos encontrado el grosor de placa adecuado. Esto es mostrado para varios casos en la tabla 3.3.

Tabla 3.3  
Espesor de pared de la carcasa.

Masa [kg]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Diámetro [m]	Taumax [Mpa]	Pi [Pa]	T' [mm]	t [mm]
<b>500</b>	<b>450</b>	<b>1.056</b>	<b>34.5</b>	<b>2331.741</b>	<b>0.018</b>	<b>2</b>
1000	450	1.331	34.5	2937.810	0.028	2
2000	450	1.677	34.5	3701.408	0.045	4
3000	450	1.920	34.5	4237.055	0.059	4
4000	450	2.113	34.5	4663.482	0.071	4
5000	450	2.276	34.5	5023.584	0.083	4
6000	450	2.419	34.5	5338.354	0.094	4
7000	450	2.546	34.5	5619.828	0.104	4
8000	450	2.662	34.5	5875.619	0.113	4
9000	450	2.769	34.5	6110.890	0.123	4
10000	450	2.868	34.5	6329.319	0.132	4

### 3.2. Diseño del sistema de tuberías.

Este sistema desempeñará el papel de transportar una mezcla agua-melaza con otros enriquecedores hasta adentro del mezclador y luego distribuirla uniformemente sobre la mezcla de harinas.

Siendo así, habrá que determinar la trayectoria del sistema, la cantidad de tuberías y su diámetro, y seleccionar los difusores adecuados para este papel.

### **3.2.1. Parámetros de partida para las tuberías.**

El diseño del sistema de tuberías parte de parámetros muy sencillos y simples. Lo que se necesita para este diseño únicamente es conocer el caudal máximo de mezcla húmeda a pulverizar y la presión máxima con la que es suministrada. Estos 2 valores pueden tener notorias variaciones, debido a 2 razones. La primera de ellas es el tipo de fórmula a preparar que da un límite de humedad tolerable para el producto terminado. La segunda razón está en que la materia prima llega a este proceso con diferentes niveles de humedad. Por lo tanto el sistema de tuberías debe poder tolerar un rango de presiones y sus difusores ser adecuados a este rango. Lo recomendable es que, como los difusores tienen una presión y un caudal de operación fijos, aprovechar los valores máximos para que, **en** casos de un valor inferior de caudal, el control sea realizado a través del tiempo de bombeo.

### **3.2.2. Dimensiones, cantidad y distribución de tuberías.**

Existen varias posibilidades para la distribución de las tuberías, sin embargo se ha escogido una distribución

que resulta ser la que mejor funciona de acuerdo a la experiencia de otros constructores de este tipo de equipo. Dicha distribución es como se observa en la figura 3.3. Esta posibilidad nos da también cual va a ser la cantidad de tuberías necesarias, por lo que lo único que quedara por establecer es el diámetro que deben tener. Este diámetro se seleccionara de un catalogo de tuberías de acuerdo a la presión máxima que las tuberías deberán soportar.

La distribución que se asignara a las tuberías será siempre de la siguiente manera: entra una tubería al mezclador por la parte superior siguiendo la trayectoria del árbol de helices. Al llegar hasta  $1/6$  de la longitud de la carcaza se bifurca a  $90$  grados hasta que ambos ramales queden a  $1/4$  del diámetro de la carcaza. Allí. Se produce un nuevo giro de  $90^\circ$  para correr paralelamente al árbol hasta quedar a  $1/6$  de la longitud de la carcaza de la pared opuesta por la que ingresó la tubería. Ver la figura 3.3.

El diámetro de las tuberías a utilizar depende de 2 factores: la presión de prueba que soportan y el diámetro mínimo para poder instalar las boquillas. Para el caso que nos ocupa se seleccionaron cañerías de acero

de un diámetro nominal de 3/4" cuya presión de prueba es de 700 psi y además permite la fácil instalación de los difusores. Serán necesarios apoyos para el sistema de tuberías pero esos se dejan a discreción del constructor. Debe notarse que se ha decidido que las tuberías sean ciegas en el extremo final y se han omitido cálculos de fluidos debido a que el sistema trabaja en condiciones cuasi estáticas, situación en la que dichos cálculos son innecesarios. Ver apéndice B.

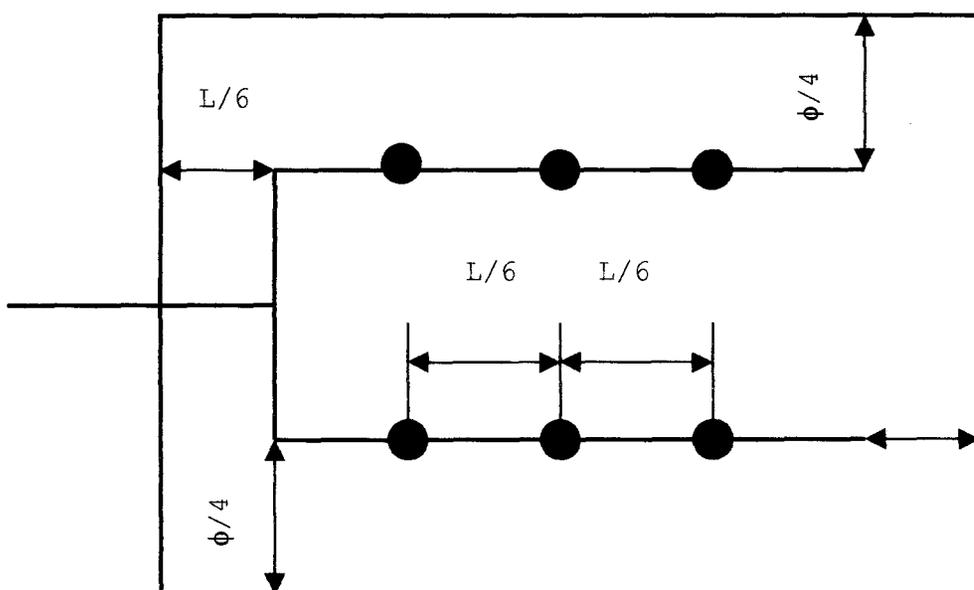


Figura 3.3  
Disposición de las tuberías y las boquillas.

Los difusores de la mezcla agua-melaza deben ser seleccionados de acuerdo a la presión de trabajo y la disponibilidad en el mercado. Se encontraron difusores

que trabajan a 50 psi y con un caudal de 0.8 gal/min. La disposición y cantidad de los difusores es tal como puede verse en la figura 3.3.

### **3.2.3. Modelo para el sistema de tuberías.**

El modelo para las tuberías y los difusores consiste en la distribución de estos vista ya en la figura 3.3, el diametro de estas tuberías no varía debido a las bajas presiones con que es suministrada la mezcla húmeda y los difusores son seleccionados unicamente en función de esta misma presión.

### **3.3. Diseño del sistema de helices.**

El diseño del sistema de helices consistira en la determinación de la forma geometrica de las helices, su cantidad y distribución. Además, de la selección del arbol que sostendrá las helices, la velocidad de rotación y la selección del motor y su respectivo sistema de transmisión.

Esta es una parte del equipo no estandarizada, por lo tanto su diseño esta sujeto a la busqueda de valores óptimos fruto de la experimentación, sin embargo los

alcances de esta tesis no llegan hasta allá, por lo que para estos casos se utilizaran valores típicos en la fabricación de estos equipos.

### **3.3.1. Parámetros para el sistema de helices.**

Los parametros mas importantes para el diseño del sistema de helices son las dimensiones de la carcaza, es decir, la longitud y el diametro. A estas dimensiones habrá que restarles la separación necesaria de las paredes de la carcaza.

### **3.3.2. Cantidad y tamaño de las helices.**

Para que el proceso de mezclado sea efectivo y no se produzcan amontonamientos del producto, se deben utilizar helices que empujen el material en sentidos opuestos, es decir, se utilizarán pares de helices. Generalmente la cantidad ha sido de un par del mayor diametro posible dadas las dimensiones de la carcaza, sin embargo, se ha observado que esto ocasiona en algunos casos que el producto que esta en los alrededores del arbol de helices quede sin movimiento debido a la lejanía del juego de helices. Por lo tanto se utilizaran 2 pares de helices de sentidos opuestos,

uno del mayor diametro posible y el otro en una posición intermedia entre el eje de rotación y el juego exterior de helices.

La curva que describe la forma geometrica de las helices es la correspondiente a una espiral de radio constante, la cual responde al siguiente modelo tridimensional:

$$\begin{aligned}x &= R \cdot \cos(\theta) \\y &= R \cdot \text{sen}(\theta) \\z &= \frac{\theta p}{2\pi}\end{aligned}\tag{1}$$

para empuje hacia delante con giro del eje en sentido de las manecillas del reloj; y:

$$\begin{aligned}x &= -R \cdot \cos(\theta) \\y &= -R \cdot \text{sen}(\theta) \\z &= \frac{\theta p}{2\pi}\end{aligned}\tag{m}$$

Para empuje hacia atras con giro del eje en sentido de las manecillas del reloj.

Como se puede ver en (1) y (m), aparece una característica **p**, que es el paso de la espiral. Este

paso, depende de una norma en la que se trata de que el paso sea igual a 2 veces la longitud por la que ha de ser empujado el material, de tal forma que solo se cumpla medio ciclo de la espiral en la longitud del mezclador. Esto afecta directamente a la característica

**a** La relación entre estas dos características viene dada por (n) :

$$\mathbf{a} = \text{atan}\left(\frac{2\pi R}{p}\right) \quad (n)$$

Esta relacion puede comprenderse observando la figura 3.4 que representa una vuelta de la hélice abierta.

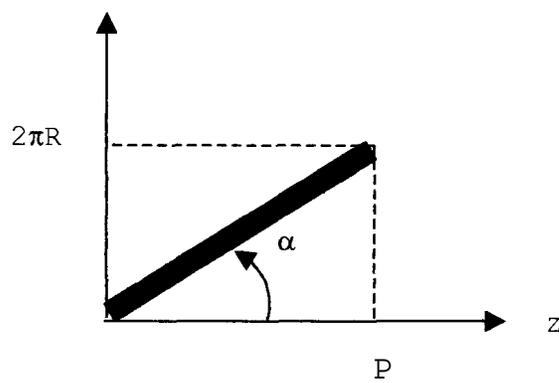
A partir de (n) es facil hallar **a** si se conoce **p**. El valor del ángulo de hélice determina cuanto se trasladará la mezcla de harinas con cada vuelta, y es facil notar que, existiendo una relacion fija para **1** y  $\phi$ , el valor con el cual que se obtiene es constante para cualquier tamaño de carga:

$$\mathbf{a} \approx 53" \quad (o)$$

Por experimentación se puede encontrar el grosor ideal para la hélice en dependencia con el diametro exterior.

Sin embargo, nosotros utilizaremos un valor del 2% del diametro del mezclador para los 2 juegos de helices. Además, dejaremos una luz entre la carcaza y el juego exterior de helices de 5 mm.

Figura 3.4  
Detalle de la hélice abierta.



La última dimensión que falta por definir es el espesor de las cintas con las que se construirán los juegos de helices. El grosor de estas cintas dependerá del area minima que puede darsele a las cintas dividido para su grosor. Este area se encuentra mediante el siguiente analisis de esfuerzos.

Como los esfuerzos a los que estaran sometidas las helices son fluctuantes y se sabe que en estas condiciones la falla por fatiga se produce con esfuerzos menores que los esperados, es el analisis de fatiga el

mas crítico de todos, por lo que se aplicará la teoría de Goodman' que establece que:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta_f} \quad (p)$$

en donde:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (q)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (r)$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d S'_e \quad (s)$$

Como de todos los factores k, el único que depende de la sección de las helices es  $k_b$ , sera el único que variará, mientras los demas se mantienen constantes sea cual fuere el tamaño de la sección. Entonces, se probara el efecto que ocasiona el aumento o disminución de la sección aproximadamente rectangular de las helices, para encontrar el espesor buscado de acuerdo al factor de seguridad en fatiga que se prefiera.

Todo esto, sin embargo, tiene la complicación de la geometria de las helices. Al ser una figura irregular,

es imposible hallar los esfuerzos máximo y mínimo sobre las helices por medio de metodos analiticos. Es por esto que sera necesario utilizar el análisis de elementos finitos<sup>3</sup> para aproximar estos valores. En esta parte, se divide la hélice en elementos cuadrados y se calculan los valores de presion hidróstatica producidos en cada uno de los nodos (las esquinas de cada elemento) debido a la presencia de las harinas. Otros efectos son despreciables. Además este método calcula las reacciones en los apoyos, cuya componente **z** se utilizará para calcular la potencia para mover las harinas. En la tabla 3.4 mostramos algunos ensayos hechos con diferentes espesores para determinar el factor de seguridad con que se cuenta. Se ha seleccionado aquel espesor para el cual el factor de seguridad se aproxime mas a 4. Debe notarse que el cálculo se realizó para la hélice mayor, ya que esta es la que trabaja en condiciones más críticas.

### **3.3.3. Velocidad de giro de las helices.**

La velocidad de giro de las helices es un valor que dependera del tiempo que durara cada ciclo de mezclado y de la cantidad minima de vueltas par obtener un buen mezclado. Este último valor se obtiene de la

experimentación. Sin embargo, podemos anticipar que el valor de la velocidad del mezclador tiene un valor límite pasado el cual lo que se logra producir es un cilindro interno de mezcla casi completamente estatico, no cumpliendo con el objetivo propuesto.

Como se dijo en una sección anterior, nosotros utilizaremos, para este caso, un valor de velocidad típico para estas máquinas que es  $N = 60$  RPM.

Para sostener los juegos de helices se soldaran al arbol unas barras. Con estas condiciones, el diametro del eje viene determinado por otro análisis de esfuerzos.

Al igual que en el caso de las helices se utilizará la teoria de Goodman y los factores de Marin para determinar el diámetro del árbol que se debe utilizar. Nuevamente se calcularan varios factores de seguridad para varios diametros del árbol y se seleccionara el adecuado. Sin embargo, en esta ocasión hay que aumentar un nuevo factor de Marin,  $k_v$ , para incluir los efectos varios debidos a la geometría del árbol (ecuación (s)). Presentamos la tabla 3.5 y los dibujos 3, 4 y 5.

Una vez determinado el diametro del arbol (consultando el apéndice C), se necesita calcular la potencia del motor-reductor que se va a utilizar. Para esto, seguimos un procedimiento indicado en la ecuación (t):

$$P_t = \frac{(P_v + P_c)E_s}{\eta_m} \quad (t)$$

en la que para calcular  $P_v$  y  $P_c$  utilizaremos las ecuaciones (u) y (v):

$$P_v = \frac{2\pi N r_a \mu_{r,k}}{60} \sum w \quad (u)$$

$$P_c = \frac{R_z N p}{60} \quad (v)$$

Finalmente deben seleccionarse los rodamientos y las chumaceras. Como conocemos ya el valor del diámetro del arbol y conociendo que la carga sera radial y axial hacia adelante y hacia atrás, el tipo de rodamiento adecuado es el rodamiento de rodillos a rótula designado como **22212 CC**, cuyas características pueden observarse en el apéndice D. Los soportes de pie adecuados para esta selección son los designados como **SNA 212 TA**, cuyas

características y accesorios se encuentran, también, en el apéndice D.

La transmisión mecánica escogida para este sistema es de cadena de rodillos. Como el motor-reductor entrega 120 RPM y la velocidad del mezclador es de 60 RPM se hará una reducción de 2:1. Para este caso seleccionamos una cadena ANSI 80 que tiene un paso de 25.4 mm. El piñón tendrá 16 dientes y la corona 32, con lo cual y aplicando la ecuación **(w)**:

$$D = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{N}\right)} \quad (w)$$

calculamos los diámetros de paso del piñón y la corona, resultando respectivamente 130 mm y 260 mm. Calculamos, además, la variación cordal de la velocidad por medio de la ecuación **(x)**:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\pi}{N} \left( \frac{1}{\sin(180/N)} - \frac{1}{\tan(180/N)} \right) \quad (x)$$

En el caso del piñón, donde se registra la mayor variación cordal de la velocidad, esta no excede el 2%,

con lo cual, quedan descartados los problemas de vibración.

#### **3.3.4. Modelo para el sistema de helices.**

Presentamos las tablas 3.4, 3.5 y 3.6 en donde han sido calculados, mediante una hoja electrónica, los valores necesarios para los juegos de hélices (3.4), el arbol que las sostendra (3.5) y la potencia del motor (3.6).

#### **3.4. Diseño y selección del tornillo sin fin de descarga.**

Para esta parte del mezclador, dado que los transportes de tornillo sin fin son un equipo normalizado, recurriremos a un fabricante y seguiremos los pasos que este da para la selección y diseño del transporte adecuado. El fabricante elegido es la casa **Martin**<sup>4</sup>, y los pasos sugeridos son como sigue:

Paso 1: Establecer los factores conocidos que son:

- a) Tipo de material que se va a transportar: Harinas diversas.
- b) Tamaño máximo de grumos duros: para este caso, como la materia prima es producida por la misma fabrica y pasa directo al proceso, se considera que no hay grumos.

- c) Porcentaje de grumos duros por volúmen: Idéntico al literal b.
- d) Capacidad requerida en  $\text{ft}^3/\text{h}$ :  $2350 \text{ ft}^3/\text{h}$ .
- e) Capacidad requerida en  $\text{lb}/\text{h}$ :  $66000 \text{ lb}/\text{h}$ .
- f) Distancia que se va a transportar el material: 3.28 ft.
- g) Todo factor adicional que afecte al transporte: Ninguno.

Paso 2: Clasificar el material de acuerdo al sistema mostrado por la tabla 1-1 o de acuerdo a la tabla 1-2 si apareciera en esta el material. Ver en el apéndice E.

Para la mayoría de estos casos, el resultado fue el siguiente:

Selección intermedia de rodamientos:	L-S-B
Factor del material:	0.5
Porcentaje de llenado del cajón:	30%A

Paso 3: Determinar la capacidad de diseño a partir de la tabla 1-6. Entrando en esta a partir del porcentaje de llenado del paso 2 y la capacidad requerida en  $\text{ft}^3/\text{h}$  se obtienen un diámetro de hélice de 16".

Paso 4: Comprobar del diámetro de hélice y la determinar la velocidad N. Para esto se calcula N dividiendo la

capacidad requerida en  $\text{ft}^3/\text{h}$  para los  $\text{ft}^3/\text{h}$  a 1 RPM. Esto da 75 RPM. Este valor debe ser menor que el valor máximo de N segdn la tabla 1-6. Al cumplirse estas condiciones, se confirma el diámetro de 16" y N de 75 RPM.

Paso 5: confirmar el diametro y la velocidad para las limitaciones de grumos duros. Como hemos dicho en el paso 1, no hay estas limitaciones por lo tanto saltamos este paso.

Paso 6: Determinar el tipo de rodamientos segdn la tabla 1-11. El paso 2 nos da la posibilidad de escoger en la tabla 1-11 rodamiento tipo B, tipo L o tipo S., así que decidimos usar rodamientos tipo L de bronce tipo estandar resistentes hasta  $300^\circ\text{F}$ , obteniendo además un factor de rodamientos  $F_b = 1.7$ .

Paso 7: Determinar la potencia. Tomando el factor del material  $F_m$  encontrado en el paso 1, aplicamos las siguientes fórmulas:

$$HP_v = \frac{LNF_d F_b}{1000000} \quad (\text{Potencia para mover el transporte vacio})$$

$$HP_m = \frac{CLWF_f F_m F_p}{1000000} \quad (\text{Potencia para mover el transporte$$

lleno)

$$HP_{\text{total}} = \frac{(HP_f + HP_m)F_o}{e}$$

donde:

L = longitud total del transporte en ft.

N = velocidad de operación en RPM.

Fd = Factor del diametro de transporte (Consultar tabla 1-12).

Fb = Factor de sostén del rodamiento.

C = capacidad en ft<sup>3</sup>/h.

W = Peso del material en lb/ft<sup>3</sup>

Ff = Factor de fuga (Consultar tabla 1-14).

Fm = Factor del material.

Fp = Factor de aletas (Consultar tabla 1-15).

Fo = Factor de sobrecarga (consultar tabla 1-16).

e = Eficiencia (consultar tabla 1-17).

Reemplazados los datos para el caso específico que nos ocupa, la potencia total requerida es 0.5 HP.

Paso 8: comprobar los valores de torque y potencia segdn las tablas 1-18 y 1-19. El torque se calcula segdn:

$$T = \frac{63025HP}{N}$$

Que para este caso da 420 lb in. Consultamos luego con las tablas dichas y obtenemos que para un arbol de 1 pulgada todos los componentes de este juego son adecuados y pueden ser usados sin problemas.

Paso 9: Selección de los componentes adicionales de acuerdo a las tablas 1-8, 1-9 y 1-10.

Paso 10: Consultar la página H38 del catalogo para definir detalles tipicos de distribución.

Tabla 3.4  
Cálculo del espesor del juego mayor de hélices

m kg	D m	Ro m	Rl m	Sut Mpa	S'e Mpa	• mm	ka	de mm	kb	kc	kd	Se Mpa	Siga Mpa	Sigm Mpa	nf
500	1.056	0.523	0.473	568	286	5	0.840	12.78	0.943	0.577	1.01	132	45.2	45.2	2.37
500	1.056	0.523	0.473	568	286	6	0.840	13.99	0.933	0.577	1.01	131	38.7	38.7	2.76
500	1.056	0.523	0.473	568	286	7	0.840	15.12	0.925	0.577	1.01	130	32.3	32.3	3.27
500	1.056	0.523	0.473	568	286	8	0.840	16.26	0.917	0.577	1.01	129	25.9	25.9	3.89
500	1.056	0.523	0.473	568	286	9	0.840	17.41	0.912	0.577	1.01	128	19.4	19.4	4.58
500	1.056	0.523	0.473	568	286	10	0.840	18.07	0.907	0.577	1.01	127	12.9	12.9	5.35

Tabla 3.5  
Selección del Arbol del Sistema de Hélices\*

m kg	Sut Mpa	S'e Mpa	de mm	l m	ka -	kb -	kc -	kd -	ke -	Se Mpa	Siga Mpa	a Mpa	b -	Siga' Mpa
500	568	286	17.2	2.54	0.840	0.912	0.577	1.01	0.667	85	5985	3087	-0.259	281
500	568	286	21.3	2.54	0.840	0.890	0.577	1.01	0.667	83	3225	3143	-0.263	279
500	568	286	26.7	2.54	0.840	0.868	0.577	1.01	0.667	81	1675	3224	-0.267	277
500	568	286	33.4	2.54	0.840	0.846	0.577	1.01	0.667	79	699	3307	-0.270	274
500	568	286	42.2	2.54	0.840	0.824	0.577	1.01	0.667	77	479	3396	-0.274	272
500	568	286	48.3	2.54	0.840	0.811	0.577	1.01	0.667	76	327	3448	-0.276	271
500	568	286	57.1	2.54	0.840	0.800	0.577	1.01	0.667	75	225	3497	-0.278	270
500	568	286	73.0	2.54	0.840	0.600	0.577	1.01	0.667	56	120	4662	-0.320	246
500	568	286	88.9	2.54	0.840	0.600	0.577	1.01	0.667	56	75	4662	-0.320	246
500	568	286	107.6	2.54	0.840	0.600	0.577	1.01	0.667	56	55	4662	-0.320	246
500	568	286	114.3	2.54	0.840	0.600	0.577	1.01	0.667	56	43	4662	-0.320	246

m kg	D m	L m	Ro m	Rl m	Ro2 m	Rl2 m	e mm	Dens kg/m3	N RPM	mur	Pv W	Pc W	Fs	nm	Pt W	hp
1000	1.331	3.194	0.660	0.610	0.333	0.283	10	450	60	0.002	0.07	6480	1.2	0.87	8938	12
2000	1.677	4.025	0.833	0.783	0.419	0.389	12	450	60	0.002	0.12	12960	1.2	0.87	17876	24
3000	1.920	4.607	0.955	0.905	0.480	0.430	14	450	60	0.002	0.16	19440	1.1	0.87	24580	33
4000	2.113	5.071	1.051	1.001	0.528	0.478	16	450	60	0.002	0.19	25920	1.1	0.87	32773	44
5000	2.276	5.462	1.133	1.083	0.569	0.519	18	450	60	0.002	0.22	32400	1.1	0.87	40966	55

# CAPÍTULO 4°

## CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS ADICIONALES

### 4.1. Tolva de alimentación.

La tolva de alimentación no presenta mayores complicaciones y que su diseño se reduce al dimensionamiento.

Para esto, es necesario conocer el volumen que ocupa la carga. Con este valor se decide una relación entre las áreas superior e inferior de la tolva para hallar la altura que esta debe tener a partir de la fórmula de volumen de esta figura:

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \quad (a)$$

Para este caso haremos que el volumen de esta parte de la tolva sea la mitad del volumen de la carga, mientras

que la otra mitad mas un margen de seguridad tendrá la forma de un paralelepipedo rectangular. La limitación que incluiremos es el valor del ángulo de talud, que deberá ser tomado en cuenta para evitar que la carga se pegue a las paredes de la tolva

El area  $A_1$  sera la de la parte superior y tendra las mismas dimensiones que la seccion superior de la carcaza, es decir  $A_1 = \phi l$ . El área  $A_2$ , cuyas dimensiones seguirán las mismas proporciones que en  $A_1$ , será la mitad de  $A_1$ . Reemplazando los datos conocidos y despejando podemos encontrar el valor de h:

$$h_1 = \frac{3V}{(3 + \sqrt{2})\phi l} \quad (b)$$

Sobre esta seccion de la tolva ira la seccion paralelepipedada rectangular que tendra capacidad para la otra mitad del volumen de la carga mas el 20 % como margen de seguridad. El espesor del material para la construcción de la tolva sera de 3 mm que le daran la rigidez adecuada para el papel que debe cumplir. Con esto las dimensiones generales de la tolva son las siguientes:

$A_1$	1.056 m x 2.535 m
$A_2$	0.747 m x 1.793 m
$H_1$	0.282 m
$H_2$	0.207 m + 0.083 m = 0.290 m
$t$	3mm

#### 4.2. Elevadores de cangilones.

Por ser los elevadores de cangilones equipos ya fabricados, haremos solamente una seleccibn de los equipos necesarios segdn los pasos que indica la casa **Martin**. Estos pasos se describen a continuación:

Paso 1: Determinar los factores del funcionamiento del elevador, que son: capacidad volumetrica en  $\text{ft}^3/\text{h}$ , distancia entre los centros de elevación en ft, Caracteristicas del material y condiciones que afectan la operación del equipo.

Paso 2: Con los valores obtenidos en el paso 1, consultar las tablas correspondientes al tipo de elevador sugerido en dicho paso.

Paso 3: Determinar la potencia requerida de acuerdo a la distancia entre los centros de elevación.

Paso 4: Listar las especificaciones requeridas de acuerdo a las condiciones de operación del elevador

Una vez cumplidos estos pasos, las dimensiones pueden ser revisadas de acuerdo al dibujo presentado en la pagina H-122 y a la tabla de la página H-123 del manual **Martin**. Consultar apendice **F**.

#### **4.2.1. Elevador de cangilones de alimentación.**

Paso 1: Capacidad volumétrica de 470 ft<sup>3</sup>/h, distancia entre centros de 8.856 ft, elevador de la serie 100 de cadena.

Paso 2: Elevador del tipo C85-103, de 480 ft<sup>3</sup>/h.

Paso 3: Potencia de 1 HP, para distancia entre centros de hasta 35 ft.

Paso 4: Para trabajar 12 horas al dia, con productos alimenticios, en exteriores y con un nivel medio alto de humedad relativa ambiental.

#### **4.2.2. Elevador de cangilones de descarga.**

Paso 1: Capacidad volumétrica de 2350 ft<sup>3</sup>/h, distancia entre centros de 10.824 ft, elevador de la serie 100 de cadena.

Paso 2: Elevador del tipo C168-131 de 2512 ft<sup>3</sup>/h.

Paso 3: Potencia de 5 HP, para distancia entre centros de hasta 44 ft.

Paso 4: Para trabajar 12 horas al día, con productos alimenticios, en exteriores y con un nivel medio alto de humedad relativa ambiental.

#### **4.3. Estructura soporte del sistema.**

Para sostener los equipos que no tienen un medio propio de soporte es necesario diseñar una estructura con este fin. Para el caso del mezclador de media tonelada se ha estimado que el peso a soportar es de 2 toneladas lo cual incluye la carga de harinas, el mezclador, la tolva de recepción y el tornillo sin fin de descarga. Además, las condiciones en las que trabajara este equipo no son de fatiga, por lo que se diseñara para carga estática.

La estructura se constituirá de 3 pórticos de 3.45 m de alto por 1.15 m de ancho según la disposición ilustrada en el dibujo 7. Como se podrá observar, es el pórtico del centro el que debe soportar la mayor cantidad de peso, así que se diseñará solamente el pórtico del centro y los de los extremos serán iguales a este. Partiendo de esa premisa y considerando que la distribución del peso es más o menos uniforme le asignamos al pórtico del centro la mitad de todo el peso, es decir, 1 tonelada. También se ha de suponer que la estructura será emperrada a la superficie sobre la que se montará el equipo.

Con todas estas condiciones se aplica un análisis según el método de Pendiente - Deformación para vigas estaticamente indeterminadas. Este método consiste en el planteo de las ecuaciones de momento en los extremos de cada barra en función de las deformaciones (rotaciones y traslaciones). Esto da por resultado, para una barra ab lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 M_{ab} &= \frac{2EI}{l_{ab}} (2\theta_a + \theta_b - 3\psi_{ab}) + M_{ab}^F \\
 M_{ba} &= \frac{2EI}{l_{ab}} (2\theta_b + \theta_a - 3\psi_{ab}) + M_{ba}^F
 \end{aligned}
 \tag{a}$$

Los momentos de empotramiento perfecto  $M_{ab}^F$  y  $M_{ba}^F$  pueden ser consultados en el apéndice.

Como siguiente paso se considerará que al tratarse de un pórtico la variación de las longitudes de las barras es despreciable. Además al ser una estructura simétrica, se aplicará la siguiente condición a las rotaciones:

$$\theta_b = -\theta_a, \text{ condición de simetría}$$

con lo cual el término  $\psi_{ab}$  es cero y las ecuaciones (a) se convierten en:

$$\begin{aligned} M_{ab} &= \frac{2EI}{l_{ab}} (\theta_a) + M_{ab}^F \\ M_{ba} &= \frac{2EI}{l_{ab}} (-\theta_a) + M_{ba}^F \end{aligned} \quad (b)$$

Una vez hecho esto con cada barra del pórtico, se plantean las ecuaciones de equilibrio de momentos para cada nodo del pórtico, hallándose así los valores para  $\theta_a$  y por consiguiente todos los momentos de las barras;

Finalmente, el método de Pendiente - Deformación, permite calcular los valores de las reacciones y los

cortantes de cada barra por una simple aplicación de las leyes de Newton.

Cuando conocemos ya estas fuerzas y momentos de cada barra aplicamos la teoría de flexión de vigas para calcular los esfuerzos cortante y axial que resultado de estas fuerzas:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{Mc}{I} \\ \sigma_{x1} &= \frac{VQ}{It} && (c) \\ \sigma_{x2} &= \frac{R}{A}\end{aligned}$$

con estos esfuerzos entramos al círculo de Mohr para hallar el esfuerzo cortante máximo para aplicar la teoría del mismo nombre y así seleccionar el perfil que más nos convenga.

Estos cálculos fueron desarrollados en las tablas 4.1 y 4.2. Para los perfiles con los cuales se realizó el cálculo, que fueron las de las áreas transversales más pequeñas se observó que todos son apropiados para esta carga, así que seleccionaremos aquel de menor peso por

unidad de longitud de acuerdo a la tabla de perfiles del apendice. Es decir: S3 x 5.7, si se observa el apendice G.

**TABLA 4.1**  
**SELECCION DEL TAMANO DEL PERFIL DE LA ESTRUCTURA**  
**PERFILES H**  
**VIGA SUPERIOR**

TIPO DE VIGA	H m	B m	ealma m	eala m	A m <sup>2</sup>	M Nm	e m	I m <sup>4</sup>	sigma Pa	sigma' Pa	V N	Q m <sup>3</sup>	t m	tau Pa	sigma1 Pa	sigma2 Pa	taumax Pa	taumax' Pa
S 6x12.5	0.1524	0.06463	0.00599	0.00612	0.00237	375.59	0.0762	9.92E-06	2695114	5230490	5554.21	4.48E-06	0.0059928	4255152.7	7609917	-2379338	34500000	4904577
S 6x10	0.127	0.0763	0.00544	0.00628	0.0019	375.59	0.0635	5.12E-06	4659518	7585237	5555.21	2.92E-06	0.0108712	2912397.2	8575367	-989120	34500000	4782238
S 4x8.5	0.1016	0.07102	0.00828	0.00744	0.0018	375.59	0.0508	2.83E-06	6751077	9836200	5556.21	2.93E-06	0.0185808	3478550.2	10940899	-1104999	34500000	8022799
S 4x7.7	0.1016	0.06784	0.0049	0.00744	0.00148	375.59	0.0508	2.83E-06	7530444	11348069	5557.21	1.72E-06	0.0098044	3659415.6	12536232	-1198163	34500000	6802198
S 3x7.5	0.0762	0.06373	0.00896	0.0066	0.00143	375.59	0.0381	1.22E-06	11733741	15626534	5553.21	1.83E-06	0.0177292	4700993.3	18933598	-1306054	34500000	9119321
S 3x5.7	0.0762	0.05918	0.00432	0.0066	0.00101	375.59	0.0381	1.05E-06	13642802	19125292	5553.21	8.88E-06	0.0086360	5441293.1	20564994	-1439712	34500000	11002353
W 10x15	0.25375	0.1016	0.00594	0.00698	0.00295	375.59	0.12697	2.97E-06	1681810	3813423	5553.21	0.000121	0.0116840	2004195.7	4505038	-891815	34500000	2888328
W 10x12	0.2507	0.10059	0.00493	0.00633	0.00228	375.59	0.12636	2.24E-06	2102412	4633907	5553.21	0.03E-06	0.0098520	2552555.6	5690839	-1148633	34500000	3413986
W 8x10	0.20041	0.10008	0.00432	0.00521	0.00191	375.59	0.1002	1.28E-06	2935683	5843620	5553.21	0.02E-06	0.0086360	3017065.9	7121769	-1278150	34500000	4189960
W 8x15	0.15215	0.15215	0.00594	0.0066	0.00289	375.59	0.07807	1.21E-06	2358939	4301940	5553.21	8.07E-06	0.0116840	2381872.0	5390403	-1058463	34500000	3208433
W 6x8	0.14986	0.10008	0.04318	0.00548	0.00173	375.59	0.07493	8.83E-06	4122798	7334539	5553.21	0.000324	0.0863600	3048633.5	8436235	-1101696	34500000	4788966
W 5x16	0.12728	0.127	0.0061	0.00914	0.00302	375.59	0.06363	8.87E-06	2895510	4834718	5553.21	4.15E-06	0.0121920	2134400.6	5381293	-848576	34500000	3113934
W 4x13	0.10596	0.10312	0.00711	0.00878	0.00247	375.59	0.05283	4.70E-06	4218896	6466273	5553.21	3.19E-06	0.0142240	2648394.5	7411243	-944670	34500000	4178107

TABLA 4.2  
 SELECCION DEL TAMAÑO DEL PERFIL DE LA ESTRUCTURA  
 PERFILES H  
 COLUMNAS

TIPO DE VIGA	H m	B m	ealma m	eala m	A m <sup>2</sup>	M Nm	c m	I m <sup>4</sup>	sigma Pa	sigma' Pa	V N	Q m <sup>3</sup>	t m	tau Pa	sigma1 Pa	sigma2 Pa	taumax Pa	taumax' Pa
S 6x12.5	0.1524	0.0846	0.0059	0.0091	0.0024	187.8	0.0762	9.92E-06	1442595	3787981	-55.23	4.5E-05	0.0058928	-42312.42	3788434	-472.581	34500000	1894453
S 5x10	0.127	0.0763	0.0054	0.0083	0.0019	187.8	0.0635	5.12E-06	2329321	5257040	-55.23	2.9E-05	0.0108712	-28955.11	5257199	-159.476	34500000	2628679
S 4x9.5	0.1016	0.071	0.0063	0.0074	0.0018	187.8	0.0508	2.83E-06	3375629	6460751	-55.23	2.9E-05	0.0165608	-34557.7	6460936	-184.839	34500000	3230561
S 4x7.7	0.1016	0.0678	0.0049	0.0074	0.0015	187.8	0.0508	2.53E-06	3789822	7578447	-55.23	1.7E-05	0.0088044	-38356.57	7578641	-194.128	34500000	3789418
S 3x7.5	0.0762	0.0637	0.0089	0.0066	0.0014	187.8	0.0381	1.22E-06	5867027	9761820	-55.23	1.8E-05	0.0177292	-46754.09	9762044	-223.923	34500000	4881134
S 3x5.7	0.0762	0.0592	0.0043	0.0066	0.001	187.8	0.0381	1.05E-06	8821583	1.2E+07	-55.23	8.9E-06	0.008636	-54116.92	12304300	-236.018	34500000	6152289
W 10x15	0.2537	0.1016	0.0058	0.0069	0.0028	187.8	0.1269	2.87E-05	830827.2	2782640	-55.23	0.00012	0.011684	-19932.83	2782782	-142.777	34500000	1391463
W 10x12	0.2507	0.1006	0.0048	0.0053	0.0023	187.8	0.1253	2.24E-05	1051234	3482729	-55.23	9.9E-05	0.009652	-25386.89	3482914	-185.042	34500000	1741550
W 8x10	0.2004	0.1001	0.0043	0.0052	0.0019	187.8	0.1002	1.28E-05	1467881	4375817	-55.23	6E-05	0.009636	-30006.53	4378023	-205.756	34500000	2188114
W 6x15	0.1521	0.1521	0.0058	0.0066	0.0029	187.8	0.0761	1.21E-05	1179501	3122502	-55.23	6.1E-05	0.011684	-23690.14	3122681	-179.725	34500000	1581430
W 6x9	0.1499	0.1001	0.0432	0.0055	0.0017	187.8	0.0749	6.83E-06	2081449	5273200	-55.23	0.00032	0.008636	-30320.49	5273374	-174.335	34500000	2636774
W 5x18	0.1273	0.127	0.0061	0.0091	0.003	187.8	0.0636	8.87E-06	1347791	3186999	-55.23	4.2E-05	0.012192	-21227.89	3187140	-141.388	34500000	1593641
W 4x13	0.1057	0.1031	0.0071	0.0088	0.0025	187.8	0.0528	4.70E-06	2109499	4356886	-55.23	3.2E-05	0.014224	-26319.98	4357045	-156.993	34500000	2178602

# **CAPITULO 5"**

## **ANÁLISIS DE COSTOS**

Para el análisis de costos se ha considerado oportuno dividirlo en 2 grandes grupos. El primero de estos grupos, se refiere a la lista de los materiales que se necesitaran para la construcción del mezclador, mientras que la segunda parte se refiere al costo de la mano de obra, el diseño, la dirección tecnica y finalmente el beneficio.

### **5.1 Costo de los materiales.**

En la siguiente lista encontramos los precios por unidad y cantidades de los materiales comunes necesarios, faltando aquellos equipos que se utilizarán para la transmisión y las boquillas del sistema de tuberías:

Tubo mecánico  $\phi 2"$  cédula 40 (3m).

\$36.000 c/m

Tubería de acero AISI 304 de 3/4" (5m).

	\$52.000 c/m
T de acero AISI 304 de 3/4" (1).	
	\$24.000 c/u
Codos de acero AISI 304 de 3/4" (2).	
	\$20.000 c/u
Tapones hembra de acero AISI 304 de 3/4" (2).	
	\$10.000 c/u
Planchas de acero AISI 304 de 8mm (1.06 m <sup>2</sup> ).	
	\$29.500 c/kg
Plancha de acero AISI 304 de 2mm (11 m <sup>2</sup> ).	
	\$720.000 c/u
Barra maciza de acero AISI 304 420 mm (1m).	
	\$9.500 c/kg
Soldadura E3081-16 43.5 mm (8.5 kg).	
	\$24.000 c/kg
Perfiles I S3 x 7.5 (6)	
	\$ 85.000 c/u

También presentamos los costos por unidad de los equipos que faltan en la lista anterior con sus respectivas cantidades:

Motor reductor de 6 hp y 120 RPM (1).	
	\$11'500.000 c/u

Piñón de 16T de 1 fila de ANSI 80 (1).	\$ 145.000 c/u
Corona de 32T de 1 fila de ANSI 80 (1).	\$ 500.000 c/u
Cadena de ANSI 80 (2m) .	\$ 375.000 c/3m
Rodamientos 22212 CC (2).	\$ 414.000 c/u
Soportes de rodamientos SNA 212 TA (2).	\$ 200.000 c/u
Boquillas (6)	\$ 140.000 c/u

Haciendo el cálculo de todos los materiales anteriores obtenemos un costo de 23'408.500 sucres.

## 5.2 Costo de la mano de obra.

Presentamos a continuación el detalle de los siguientes valores:

Mano de obra.	\$ 6'870.000
Dirección técnica	\$ 3'870.000
Diseño	\$ 6'727.700

Beneficio

\$ 10'092.000

Sumando todos los costos descritos anteriormente obtenemos el costo total del mezclador de 500 kg que es de 50'968.200 sucres. Sin embargo, vale la pena aclarar que estos costos pueden resultar elevados si se considera que han sido calculados para un solo mezclador y que si se construyeran varios, el costo por unidad disminuiría al dividirse para cada mezclador los costos de diseño y dirección técnica y reduciendo el beneficio por unidad.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El modelo que se pretendía encontrar ha sido desarrollado satisfactoriamente en su mayor parte. Sin embargo existen algunos valores que no están del todo sujetos a un modelo debido a su dependencia directa del resultado de la utilización del análisis de elementos finitos.
2. Existen otras partes del diseño que no están sujetas a un modelo ya que dependen de selecciones de equipos ya fabricados como rodamientos, motor-reductor, piñón, corona, etc.
3. Todas las dimensiones de la carcasa del mezclador están sujetas al modelo establecido al igual que las dimensiones del árbol de helices.
4. Como se ha dicho con anterioridad, los equipos periféricos son seleccionados de acuerdo a manuales cumpliendo las necesidades del caso ya que estos equipos están vastamente estudiados.

5. La estructura soporte fue calculada para el caso de 500 kg y podría estar sujeta a un modelo una vez que se cuente con las dimensiones de la estructura y con la carga que esta soportara. Sin embargo, no se desarrollo dicho modelo por no estar entre los objetivos de este proyecto.
6. Algunos de los valores utilizados en esta tesis pueden ser mejorados mediante la experimentacibn, con lo cual se obtendrian condiciones óptimas de diseño. Esto nos dice que aunque el diseiio realizado es válido, siempre puede refinarse sobre la base de estudios mas profundos. Sin embargo, solo se recomienda así si se fueran a fabricar mezcladores en serie y lamentablemente la demanda de ellos no es suficiente como para justificar su produccibn en serie.
7. El análisis realizado con los sistemas de helices puede ser mucho mas profundo. La complejidad geometrica y de carga hacen que el analisis de estas helices un tema adecuado como para una tesis exclusivamente dedicada a las helices.
8. Indudablemente, los costos de fabricar mezcladores para alimentos balanceados en el Ecuador son menores a los de la importación de uno de ellos. Todavía, podrian ser

menores si no se fabricaran únicamente por pedidos, lo **que** implica que *se* comienza desde cero.

## **APÉNDICES**

# Apéndice A

## Propiedades de algunos materiales y de aceros inoxidables.

MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD $E$		MÓDULO DE RIGIDEZ $G$		RELACIÓN DE POISSON $\nu$	PESO UNITARIO $w$		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.10	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	11.0	124.0	7	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.12	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	4.5	41.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	20.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.4
Acero inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

Resultados de pruebas a la tensión de algunos metales\*

							EXP. RESIST. A DEFORM.	DEFORM.A LA FRACT.,
							<i>m</i>	<i>ε<sub>f</sub></i>
1018	Acerro	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1)†	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acerro	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130)†	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acerro	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106)†	758 (110)	0.21	0.85
1045	Acerro	Q&T 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273)†	0.041	0.81
4142	Acerro	Q&T 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255)†	0.048	0.13
303	Acerro	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221)†	1410 (205)	0.51	1.16
							0.45	1.67
	inoxidable							
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2)†	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3)†	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102)†	882 (128)	0.13	0.18

\*Valores provenientes de uno o más grados (calores) y que se cree pueden obtenerse por especificaciones de compra apropiadas. La deformación a la fractura puede variar hasta en 100%.

† Valor derivado

Fuente: J. Datsko, "Solid Materials," cap. 7 in Joseph E. Shigley y Charles R. Mischke (eds.), *Standard Handbook of Machine Design*, McGraw-Hill, Nueva York, 1986, pp. 7.47-7.50.

## Apéndice B

### Propiedades de cañerías.

#### 3.1.1 NORMA ?SO R65/ SERIE LIVIANA II

DESIGNACION	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR NOMINAL	PESO TEORICO	PROPIEDADES				PRESION DE PRUEBA	
				A	I	W	i		
DIAMETRO NOMINAL	D	e	P	A	I	W	i	Lb/pg'	Kg/cm <sup>2</sup>
Pulgadas	mm	mm	Kg m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>1</sup>	cm <sup>3</sup>	cm		
<b>3/8</b>	16,9	<b>1,8</b>	0,67	<b>0,85</b>	0,25	<b>0,30</b>	0,54	700	49,2
1/2	21,2	2,0	0,95	1,21	0,56	0,53	0,68	700	49,2
3/4	26,7	<b>2,3</b>	1,38	1,76	1,32	0,99	0,87	700	49,2
1	33,5	2,6	1,98	2,52	<b>3,03</b>	1,81	1,10	700	49,2
1 1/4	42,2	2,6	2,54	3,23	6,37	3,02	1,40	700	49,2
<b>1 1/2</b>	48,1	2,9	3,23	4,12	10,56	4,39	1,60	700	49,2
<b>2</b>	59,9	<b>2,9</b>	4,08	5,19	21,14	7,06	2,02	700	49,2
2 1/2	75,6	3,2	5,71	7,27	47,78	12,64	2,56	700	49,2

## Apendice C

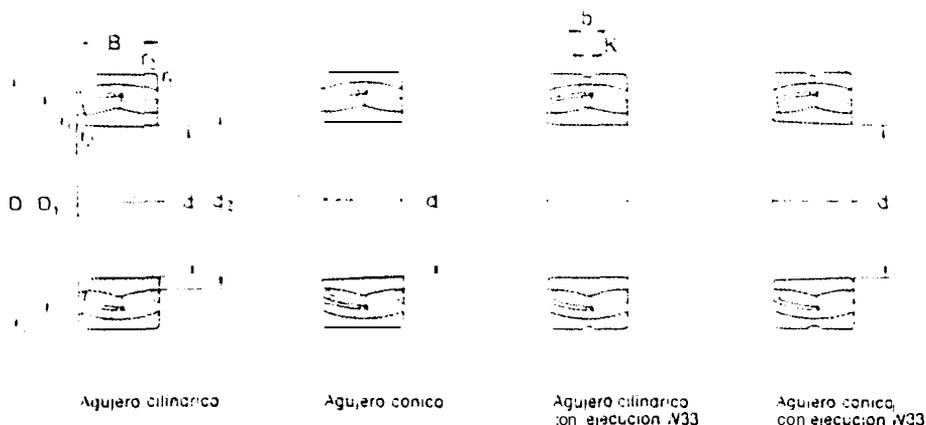
### Propiedades de tubas mecanicos.

#### ASTM A53 Seamless Steel Pipe

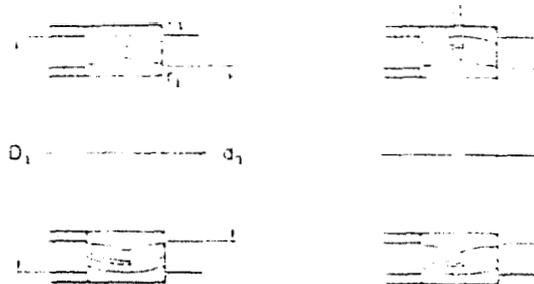
NPS in.	OUTSIDE DIAMETER		WALL THICKNESS		SCHEDULE N°
		mm	in.	mm	
3/4	1.050	26,7	0.113	2,87	40
			0.154	3,91	80
			0.219	5,56	160
			0.308	7,82	
1	1.315				
1 1/4	1.660				
			0.382	9,70	
1 1/2	1.900	48,3	0.145	3,68	40
			0.200	5,08	80
			0.281	7,14	160
1 1/2	1.900	48,3	0.400	10,15	
2	2.375	60,3	0.154	3,91	40
			0.218	5,54	80
			0.344	8,74	160
			0.436	11,07	

# Apéndice D

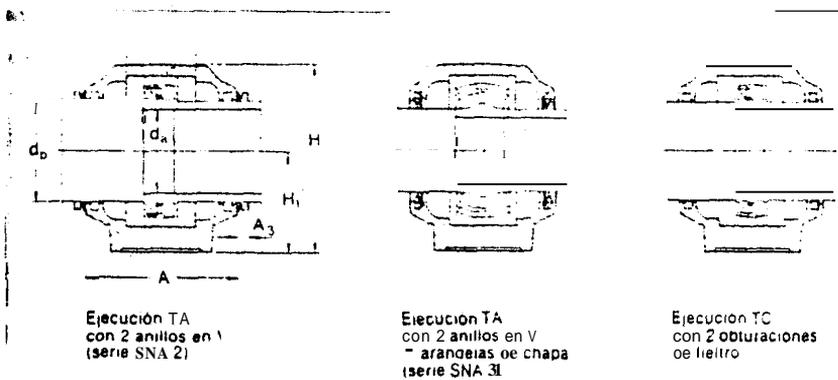
## Rodamientos y apoyos de pie.



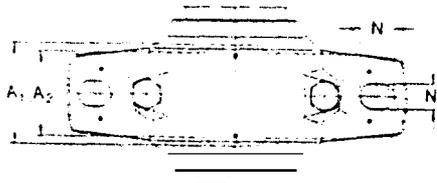
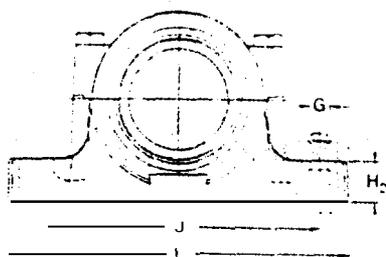
Dimensiones principales			Capacidad de carga		Límite de velocidad		Masa	Designaciones Rodamientos con agujero	
d	D	B	C	C <sub>0</sub>	grasa	aceite	kg	cilíndrico	cónico
mm			N		r/min			-	
20	52	15	30 500	18 000	3 500	11 000	0.16	21304 CC	-
25	52	18	35 700	21 500	3 500	11 000	0.18	22205 CC	
	62	17	41 400	24 000	3 700	3 500	0.25	21305 CC	
30	62	20	48 900	30 000	7 500	9500	0.29	22206 CC	
	72	19	55 200	35 500	6 000	7 500	0.38	21306 CC	
35	72	23	63 300	40 500	6 300	3 000	0.43	22207 CC	22207 CCX
	30	21	65 600	41 500	5 300	6 700	0.51	21307 CC	
40	80	23	73 600	47 500	5 000	7 500	0.52	2208 CC	22208 CCK
	99	21	82 500	55 000	4 500	5 600	0.71	21308 CC	21308 CCK
	90	33	113 000	73 500	4 500	5 600	1.00	22300 CC	22300 CCK
45	85	23	77 100	51 000	5 300	6 700	0.56	22209 CC	22209 CCX
	100	25	101 000	65 000	4 300	5 300	0.95	21309 CC	21309 CCX
	100	38	138 000	95 000	3 600	4 800	1.35	22309 CC	22309 CCX
50	90	23	79 900	54 000	5 000	6 300	0.60	22210 CC	22210 CCK
	110	27	120 000	81 500	3 800	4 800	1.20	21310 CC	21310 CCX
	110	40	176 000	120 000	3 400	4 300	1.95	22310 CC	22310 CCX
55	100	25	89 500	67 000	4 300	5 600	0.82	22211 CC	22211 CCK
	120	29	138 000	93 000	3 400	4 300	1.60	21311 CC	21311 CCX
	120	43	199 000	137 000	3 200	4 000	2.35	22311 CC	22311 CCX
60	110	28	122 000	83 000	4 600	5 000	1.10	22212 CC	22212 CCK
	130	31	161 000	114 000	3 000	3 800	1.95	21312 CC	21312 CCK
	130	46	235 000	166 000	3 000	3 000	2.95	22312 CC	22312 CCX
65	120	31	144 000	100 000	3 900	4 600	1.45	22213 CC	22213 CCK
	140	33	184 000	134 000	2 300	3 600	2.45	21313 CC	21313 CCK
	140	48	253 000	180 000	2 700	3 400	3.55	22313 CC	22313 CCK
70	125	31	148 000	104 000	3 600	4 500	1.55	22214 CC	22214 CCK
	150	35	207 000	150 000	2 600	3 400	3.00	21314 CC	21314 CCK
	150	51	311 000	228 000	2 400	3 200	4.30	22314 CC.W33	22314 CCK.W33
75	130	31	154 000	110 000	3 400	4 300	1.65	22215 CC	22215 CCX
	160	37	235 000	170 000	2 400	3 200	3.55	21315 CC	21315 CCK
	160	55	351 000	255 000	2 200	3 000	5.25	22315 CC.W33	22315 CCK.W33



d	Otras dimensiones				Dimensiones de resaltes			Factores de carga				
	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	r <sub>1,2</sub> min	3	4	d <sub>a</sub> min	D <sub>a</sub> max	r <sub>a</sub> max	φ	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>
n m												
20	28.5	42.5	1.1	-	-	27	45	1	0.31	??	1.3	3.2
25	11	44	1	-	-	31	46	1	0.35	1.9	2.9	1.8
	35.3	51.1	1.1	-	-	32	55	1	0.24	2.8	4.2	2.8
30	37	52.9	-	-	-	26	56	1	0.33	2	1	2
	41.7	59.2	1	-	-	37	65	-	0.23	2.9	4.4	2.3
35	44	61.4	1	-	-	42	65	-	0.31	2.2	3.3	2.2
	47.6	66.1	1.5	-	-	44	71	1.5	0.22	3	4.6	2.3
40	49	68.3	1	-	-	47	73	-	0.28	2.4	3.6	2.5
	54	74.8	1.5	-	-	49	81	1.5	0.22	3	4.6	2.0
	50.4	74.3	1.5	-	-	49	81	1.5	0.37	1.8	2.7	1.8
45	54	74	1.1	-	-	52	78	1	0.26	2.6	3.9	2.5
	50.4	83.8	1.5	-	-	54	81	1.5	0.21	3.2	4.8	3.2
	57.6	82.5	1.5	-	-	54	81	1.5	0.37	1.8	2.7	1.8
50	60	79.2	1.1	-	-	57	83	-	0.24	2.8	4.2	2.8
	66.9	82.4	2	-	-	60	100	2	0.21	3.2	4.8	3.2
	63.1	91.7	2	-	-	60	100	2	0.37	1.8	2.7	1.8
55	66	88.1	1.5	-	-	64	91	1.5	0.24	2.8	4.2	2.8
	73.3	102	2	-	-	65	110	2	0.21	3.2	4.8	3.2
	69.3	99.6	2	-	-	55	110	2	0.37	1.8	2.7	1.8
60	72	96.6	1.5	-	-	69	101	1.5	0.24	2.8	4.2	2.3
	79.7	113	2.1	-	-	72	118	2	0.20	3.4	5	3.2
	74.9	108	2.1	-	-	72	118	2	0.37	1.8	2.7	1.8
65	79	106	1.5	-	-	74	111	1.5	0.24	2.8	4.2	2.8
	86	113	2.1	-	-	71	129	2	0.20	3.4	5	3.2
	82	117	2.1	-	-	77	128	2	0.35	1.9	2.9	1.8
70	84	111	1.5	-	-	79	115	1.5	0.23	2.9	4.4	2.0
	12.6	127	2.1	-	-	32	138	2	0.20	1.1	5	3.2
	38	126	2.1	8.3	4.5	82	138	2	0.35	1.9	2.9	1.8
75	39	116	1.5	-	-	a4	121	1	0.22	3	4.6	2.8
	99.1	125	2.1	-	-	87	148	2	0.20	3.4	5	3.2
	94.2	134	2.1	3.3	4.5	87	148	2	0.35	1.9	2.9	1.8



Eje diám.	Soporte de pie Dimensiones															Masa	Designaciones	
	$d_b$	$d_a$	A	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$C_4$	H	$H_1$	$H_2$	J	L	N	$N_1$	G		Ejecución TA	TC
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	-	-
55	65	95	70	58	7	44	127	70	28	210	255	23	18	16	4.35	SNA 211 TA	SNA 211 TC	
	65	110	80	65	-	51	148	80	30	230	275	24	18	16	5.75	SNA 311 TA	-	
60	70	105	70	60	9	48	133	70	30	210	255	23	18	16	4.80	SNA 212 TA	SNA 212 TC	
	70	115	80	65	-	56	154	80	30	230	280	26	18	16	6.50	SNA 312 TA	-	
65	75	110	80	65	9	51	148	80	30	230	275	24	18	16	5.75	SNA 213 TA	SNA 213 TC	
	75	120	90	75	-	58	175	95	32	260	315	29	22	20	9.00	SNA 313 TA	-	
70	80	125	90	75	-	61	181	95	32	260	320	30	22	20	9.80	SNA 314 TA	-	



Eje diám. d <sub>a</sub>	Componentes adecuados Rodamiento	Anillo guía No Designación	Grail (cantidad inicial)	Designaciones Sopone sin obtu- raciones <sup>1)</sup>	2 anillos en V = arandelas de chapa	Obtursiones de fieltro No Designación				
mm	-		KQ							
55	1211	2 FRB 11,5/100 P	0.13	SNA 511-609	TSNA 211 A	4 FS 170				
	2211	2 FRB 9,5/100 P								
	22211 CC	2 FRB 9,5/100 P								
60	1311	2 FRB 11/120 P	0.19	SNA 513-611	TSNA 311 A	-				
	2311	1 FRB 8/120 P								
	21311 CC	2 FRB 11/120 P								
	22311 CC	1 FRB 8/120 P								
65	1212	2 FRB 13/110 P	0.15	SNA 512-61C	TSNA 212 A	4 FS 170				
	2212	2 FRS 10/110 P								
	22212 CC	2 FRB 10/110 P								
	1312	2 FRB 12,5/130 P								
	2312	1 FRB 10/130 P								
70	21312 CC	2 FRB 12,5/130 P	0.24	SNA 515-612	TSNA 312 A	-				
	22312 CC	1 FRB 10/130 P								
	1213	2 FRB 14/120 P					0.19	SNA 513-611	TSNA 213 A	4 FS 170
	2213	2 FRB 10/120 P								
	22213 CC	2 FRB 10/120 P								
	1313	2 FRB 12,5/140 P								
2313	1 FRB 10/140 P									
21313 CC	2 FRB 12,5/140 P									
22313 CC	1 FRS 10/140 P									
70	1314	2 FRB 13/150 P	0.32	SNA 517	TSNA 314 A	-				
	2314	1 FRB 10/150 P								
	21314 CC	2 FRB 13/150 P								
	22314 CC/W33	1 FRB 10/150 P								

# Apendice E

## Selección de un tornillo sin fin.

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Material Code	Intermediate Bear ing Selection	Component Series	Mat'l. Factor Fm
Timothy Seed	36	B6-35NY	L-S-B	1	.6
Titanium Dioxide (See Ilmenite Ore)	—	—	—	—	—
Tobacco, Scraps	15-25	D3-45Y	L-S	2	.8
Tobacco, Snuff	30	B6-45MQ	L-S-B	1	.9
Tricalcium Phosphate	40-50	A10-45	L-S	1	1.6
Triple Super Phosphate	50-55	B6-36RS	H	3	2.0
Trisodium Phosphate	60	C3-36	H	2	1.7
Trisodium Phosphate Granular	60	B6-36	H	2	1.7
Trisodium Phosphate Pulverized	50	A10-36	H	2	1.6
Tung Nut Meats, Crushed	28	D3-25W	L-S	2	.8
Tung Nuts	25-30	D3-15	L-S	2	.7
Urea Prills, Coated	43-46	B6-25	L-S-B	1	1.2
Vermiculite, Expanded	16	C3-35Y	L-S	1	.5
Vermiculite, Ore	80	D3-36	H	2	1.0
Velch	48	B6-16N	L-S-B	1	.4
Walnut Shells, Crushed	35-45	B6-36	H	2	1.0
Wheat	45-48	C3-25N	L-S-B	1	.4
Wheat, Cracked	40-45	B6-25N	L-S-B	1	.4
Wheat, Germ	18-28	B6-25	L-S-B	1	.4
White Lead, Dry	75-100	A40-36MR	H	2	1.0
Wood Chips, Screened	10-30	D3-45VY	L-S	2	.6
Wood Flour	16-36	B6-35N	L-S	1	.4
Wood Shavings	8-16	E-45VY	L-S	2	1.5
Zinc, Concentrate Residue	75-80	B6-37	H	3	1.0
Zinc Oxide, Heavy	30-35	A100-15X	L-S	1	1.0
Zinc Oxide, Light	10-15	A100-15XY	L-S	1	1.0

TABLE 1-3

SPECIAL CONVEYOR PITCH CAPACITY FACTOR $CF_1$		
PITCH	DESCRIPTION	$CF_1$
STANDARD	PITCH = DIAMETER OF SCREW	1.00
SHORT	PITCH = 2/3 DIAMETER OF SCREW	1.50
HALF	PITCH = 1/2 DIAMETER OF SCREW	2.00
LONG	PITCH = 1-1/2 DIAMETER OF SCREW	0.67

TABLE 1-4

SPECIAL CONVEYOR FLIGHT CAPACITY FACTOR  $CF_2$

TYPE OF FLIGHT	CONVEYOR LOADING		
	15%	30%	45%
CUT FLIGHT	1.95	1.57	1.43
CUT & FOLDED FLIGHT	N.R.*	3.75	2.54
RIBBON FLIGHT	1.04	1.37	1.62

\* NOT RECOMMENDED

\* IF NONE OF THE ABOVE FLIGHT MODIFICATIONS ARE USED:  $CF_2 = 1.0$

**TABLE 1-5**

SPECIAL CONVEYOR MIXING PADDLE CAPACITY $CF_3$				
STANDARD PADDLES AT 45" REVERSE PITCH	PADDLES PER PITCH			
	NONE	1	2	3
FACTOR $CF_3$	1.00	1.08	1.16	1.24

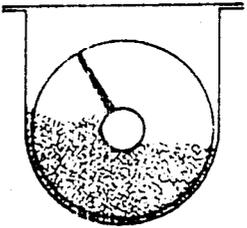
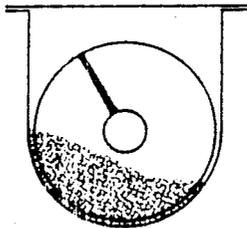
TROUGH LOADING	SCREW DIA. INCH	CAPACITY CUBIC FEET PER HOUR (Full Pitch)		MAX. RPM	
		AT ONE RPM	AT MAX RPM		
45%		4	0.62	114	184
		6	2.23	368	165
		9	8.2	1270	155
		10	11.4	1710	150
		12	19.4	2820	145
		14	31.2	4370	140
		16	46.7	6060	130
		18	67.6	8120	120
		20	93.7	10300	110
		24	164.0	16400	100
30	323.0	29070	90		
80% A		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.9	1160	90
		14	20.8	1770	85
		16	31.2	2500	80
		18	45.0	3380	75
		20	62.5	4370	70
		24	109.0	7100	65
30	216.0	12960	60		

TABLE 1-8

COMPONENT GROUP 1

SCREW DIA. INCHES	COUPLING DIA. INCHES	SCREW NUMBER		THICKNESS, U.S. STD. GAUGE OR INCHES	
		HELICOID FLIGHTS	SECTIONAL FLIGHTS	TROUGH	COVER
9	1 1/2	9H306	9S307	14 GA	14 GA
9	2	9H406	9S409	14 GA	14 GA
12	2	12H408	12S408	12 GA	14 GA
12	2 7/16	12H508	12S508	12 GA	14 GA
14	2 7/16	14H508	14S508	12 GA	14 GA
16	3	16H610	16S612	12 GA	14 GA
18	3		18S612	10 GA	12 GA
20	3		20S612	10 GA	12 GA
24	3 7/16		24S712	10 GA	12 GA
30	3 7/16		30S712	10 GA	12 GA

TABLE 1-9

COMPONENT GROUP 2

SCREW DIA. INCHES	COUPLING DIA. INCHES	SCREW NUMBER		THICKNESS U.S. STD. GAUGE OR INCHES	
		HELICOID FLIGHTS	SECTIONAL FLIGHTS	TROUGH	COVER
6	1 1/2	8H308	6S309	14 GA	16 GA
8	1 1/2	9H312	9S309	10 GA	14 GA
8	2	9H412	9S412	10 GA	14 GA
12	2	12H412	12S412	1/16 IN	14 GA
12	2 1/4	12H512	12S512	1/16 IN	14 GA
12	3	12H614	12S616	2/16 IN	14 GA
14	2 1/4	14H512	14S512	3/16 IN	14 GA
14	3	14H614	14S616	3/16 IN	14 GA
16	3	16H614	16S616	3/16 IN	14 GA
18	3	18H616	18S616	3/16 IN	12 GA
20	3	20H616	20S616	3/16 IN	12 GA
24	3 1/4	24H716	24S716	3/16 IN	12 GA
30	3 1/4	30H716	30S716	3/16 IN	12 GA

TABLE 1-10

COMPONENT GROUP 3

SCREW DIA. INCHES	COUPLING DIA. INCHES	SCREW NUMBER		THICKNESS, U.S. STD. GAUGE OR INCHES	
		HELICOID FLIGHTS	SECTIONAL FLIGHTS	TROUGH	COVER
6	1 1/2	8H312	8S312	16 GA	16 GA
9	1 1/2	9H312	9S312	1/8 IN.	14 GA
9	2	9H414	9S416	1/8 IN.	14 GA
12	2	12H412	12S412	1/8 IN.	14 GA
12	2 1/8	12H512	12S512	1/8 IN.	14 GA
12	3	12H614	12S616	1/8 IN.	14 GA
14	3		14S624	1/8 IN.	14 GA
16	3		16S624	1/8 IN.	12 GA
18	3		18S624	1/8 IN.	12 GA
20	3		20S724	1/8 IN.	12 GA
24	3 7/16		24S724	1/8 IN.	12 GA
30	3 7/16		30S724	1/8 IN.	12 GA

TABLE 1-11

HANGER BEARING SELECTION

BEARING COMPONENT GROUPS	BEARING TYPES	RECOMMENDED COUPLING SHAFT MATERIAL $\Delta$	MAX. RECOMMENDED OPERATING TEMPERATURE	$F_{11}$
B	BALL	STANDARD	225° - 270°F	1.0
L	BABBIT	STANDARD	130°F	1.7
	BRONZE	STANDARD	300°F	
	<i>Martin</i> BRONZE*	STANDARD	850°F	2.0
	GRAPHITE BRONZE	STANDARD	500°F	
	OIL IMPREG BRONZE	STANDARD	200°F	
	OIL IMPREG WOOD	STANDARD	160°F	
	NYLATRON	STANDARD	250°F	
	NYLON	STANDARD	160°F	
	TEFLON	STANDARD	250°F	
	UHMW	STANDARD	225°F	
MELAMINE (MCB)	STANDARD	250°F		
H	<i>Martin</i> HARD IRON*	HARDENED	500°F	3.4
	HARD IRON HARD SURFACED	HARDENED HARDENED OR SPECIAL	500°F 500°F	4.4
	STELLITE	SPECIAL	500°F	

\*SINTERED METAL SELF LUBRICATING

$\Delta$  OTHER TYPES OF COUPLING SHAFT MATERIALS

Various alloys, stainless steel, and other types of shafting can be furnished as required.

TABLE 1-12

CONVEYOR DIAMETER FACTOR  $F_d$

SCREW DIAMETER INCHES	FACTOR $F_d$	SCREW DIAMETER INCHES	FACTOR $F_d$
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300

TABLE 1-13

HANGER BEARING FACTOR $F_b$		
BEARING TYPE		HANGER BEARING FACTOR $F_b$
B	BALL	1.0
L	BABBITT <i>Martin</i> BRONZE	1.7
S	*GRAPHITE BRONZE *MELAMINE *OIL IMPREG. BRONZE *OIL IMPREG. WOOD *NYLATRON *NYLON *TEFLON *UHMW	2.0
H	* <i>Martin</i> HARD IRON	3.4
	*HARD SURFACED *STELLITE	4.4

\*NON LUBRICATED BEARINGS, OR BEARINGS NOT ADDITIONALLY LUBRICATED.

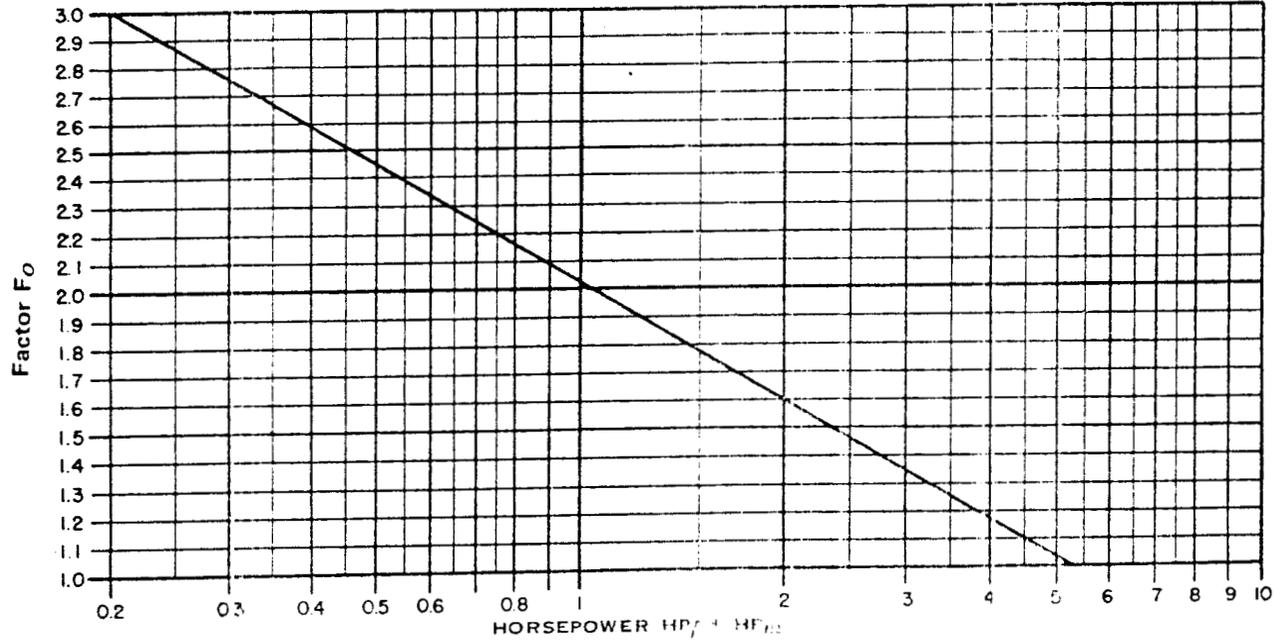
TABLE 1-14  
 FLIGHT FACTOR,  $F_f$

FLIGHT TYPE	$F_f$ FACTOR FOR PERCENT CONVEYOR LOADING			
	15%	30%	45%	95%
STANDARD	1.0	1.0	1.0	1.0
CUT FLIGHT		1.15	1.20	1.3
CUT & FOLDED FLIGHT	N.R.*	1.50	1.40	2.20
RIBBON FLIGHT	1.05	1.14	1.20	—
* NOT RECOMMENDED				

PADDLE FACTOR, $F_p$					
STANDARD PADDLES PER PITCH, PADDLES SET AT 45° REVERSE PITCH					
NUMBER OF PADDLES PER PITCH	0	1	2	3	4
PADDLE FACTOR $F_p$	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

TABLE 1-16

$F_o$  -- OVERLOAD FACTOR



FOR VALUES OF  $HP_f + HP_m$  GREATER THAN 5.2,  $F_o$  IS 1.0

TRACE THE VALUE OF  $(HP_f + HP_m)$  VERTICALLY TO THE DIAGONAL LINE, THEN ACROSS TO THE LEFT WHERE THE  $F_o$  VALUE IS LISTED.

TABLE 1-17

e DRIVE EFFICIENCY FACTOR				
SCREW DRIVE OR SHAFT MOUNT W/ V-BELT DRIVE	V-BELT TO HELICAL GEAR AND COUPLING	GEARMOTOR W/ COUPLING	GEARMOTOR W/ CHAIN DRIVE	WORM GEAR
.88	.87	.95	R7	CONSULT MANUFACTURER

TABLE 1-18

COUPLING  SHAFT DIA. IN.	PIPE		COUPLINGS		BOLT DIA. IN.	BOLTS			
	SCH. 40		TORQUE IN. LBS.*			BOLTS IN SHEAR IN LBS. ▲		BOLTS IN BEARING IN. LBS.	
	SIZE IN.	TORQUE IN. LBS.	CEMA STD. (C-1018)	<i>Martin</i> STD (C-1045)		NO. OF BOLTS USED		NO. OF BOLTS USED	
						2	3	2	3
1	1 1/4	3,140	820	999	3/8	1,380	2,070	1,970	2,955
1 1/2	2	7,500	3,070	3,727	1/2	2,660	5,490	5,000	7,500
2	2 1/2	14,250	7,600	9,233	5/8	7,600	11,400	7,860	11,790
2 3/8	3	23,100	15,090	18,247	3/4	9,270	13,600	11,640	17,460
3	3 1/2	32,100	28,370	34,427	7/8	16,400	24,600	15,540	23,310
3	4	43,000	28,370	34,427	1	16,400	24,600	25,000	37,500
3 3/8	4	43,000	42,550	51,566	7/8	25,600	38,400	21,800	32,700

▲ Values shown are for A307-64, Grade 2 Bolts. Values for Grade 5 Bolts are above x 2.5

\* Values are for unheattreated shafts.

TABLE 7-19

COUPLING	PIPE		COUPLINGS		BOLTS				
SHAFT DIA. IN.	SIZE IN.	H.P. PER R.P.M.	H.P. PER R.P.M.		BOLT DIA. IN.	BOLTS IN SHEAR H.P. PER R.P.M. <sup>A</sup>		BOLTS IN BEARING H.P. PER R.P.M.	
			CEMA STD. (C-1018)	MIL STD (C-1045)		NO. OF BOLTS USED		NO. OF BOLTS USED	
						2	3	2	3
1	1 1/4	.049	.013	.016	1/8	.021	.032	.031	.046
1 1/2	2	.119	.048	.058	1/4	.058	.087	.079	.119
2	2 1/2	.226	.120	.146	3/8	.120	.180	.124	.187
2 7/8	3	.366	.239	.289	1/2	.147	.220	.184	.277
3	3 1/2	.509	.450	.546	5/8	.260	.390	.246	.369
3	4	.682	.450	.546	3/4	.260	.390	.396	.595
3 7/8	4	.682	.675	.818	7/8	.406	.609	.345	.518

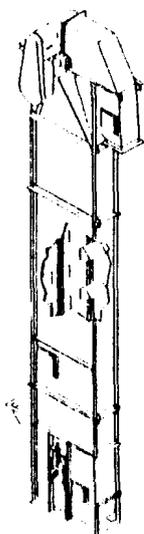
A Values shown are for A307-64, Grade 2 Bolts

MATERIAL CLASSIFICATION CODE CHART			
Major Class	Material Characteristics Included	Code Designation	
Density	Bulk Density, Loose	Actual Lbs/CF	
	Very Fine	No. 200 Sieve (0029") and Under No. 100 Sieve (0059") and Under No. 40 Sieve (016") and Under	A <sub>200</sub> A <sub>100</sub> A <sub>40</sub>
	Fine	No. 6 Sieve (.132") and Under	B <sub>6</sub>
	Granular	1/2" and Under (6 Sieve to 1/2") 3" and Under (1/2" to 3") 7" and Under (3" to 7")	C <sub>1/2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>7</sub>
	Lumpy	16" and Under (0" to 16") Over 16" To Be Specified X - Actual Maximum Size	D <sub>16</sub> D <sub>X</sub>
	Irregular	Stringy, Fibrous, Cylindrical, Slabs, Etc	E
Flowability	Very Free Flowing	1	
	Free Flowing	2	
	Average Flowability	3	
	Sluggish	4	
Abrasiveness	Mildly Abrasive	5	
	Moderately Abrasive	6	
	Extremely Abrasive	7	
Miscellaneous Properties Or Hazards	Builds Up and Hardens	F	
	Generates Static Electricity	G	
	Decomposes — Deteriorates in Storage	H	
	Flammability	J	
	Becomes Plastic or Tends to Soften	K	
	Very Dusty	L	
	Aerates and Becomes a Fluid	M	
	Explosiveness	N	
	Stickiness — Adhesion	O	
	Contaminable, Affecting Use	P	
	Degradable, Affecting Use	Q	
	Gives Off Harmful or Toxic Gas or Fumes	R	
	Highly Corrosive	S	
	Mildly Corrosive	T	
	Hygroscopic	U	
Interlocks, Mats or Agglomerates	V		
Oils Present	W		
Very Light and Fluffy — May Be Windswept	Y		
Elevated Temperature	Z		

**Apéndice F**  
**Selección de elevadores de**  
**céngilonos.**

## TYPES

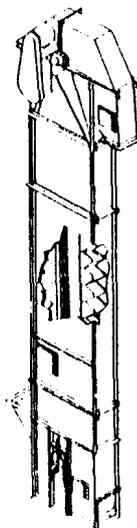
### CENTRIFUGAL DISCHARGE



Centrifugal discharge type elevators are offered as Series 100 (boot take up) and Series 200 (head take up). Either series is available with buckets mounted on chain or bolt and will handle free flowing materials with small to medium size lumps. The standard inlet chute and standard curved bottom plate direct the material into the buckets and reduce the "digging" action. The speed of the elevator is sufficient to discharge the material by centrifugal force.

Many types of drives and elevator materials of construction are available.

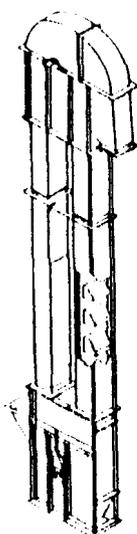
### CONTINUOUS DISCHARGE



Continuous discharge elevators are offered as Series 700 (boot take up) and Series 800 (head take up). Either series is available with buckets mounted on chain or bolt and will handle free-flowing material, sluggish material or materials that are abrasive. The closely spaced fabricated buckets, with extended sides, form a "chute" to direct material into the bucket. At the discharge, the bucket configuration allows the material to discharge by gravity over the back of the preceding bucket.

Various materials of construction and thicknesses are available.

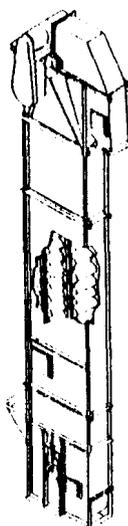
### HIGH-SPEED CENTRIFUGAL GRAIN



Series 500 (double leg) and Series 400 (single leg) high-speed centrifugal discharge bucket elevators are specially designed to economically handle grain and other free-flowing materials. These elevators are not self-supporting; therefore, immediate supports must be provided by others.

Although the charts in this catalog are based on one type of bucket, many other styles are available. For specific recommendations contact your local **Maste** Service Center or **Maste** Conveyor Division, distributor for a recommendation.

### SUPER CAPACITY



Series 1000 (super capacity) bucket elevators are a continuous discharge type with buckets mounted between two strands of chain. This type of elevator is used where higher capacities, severe service or higher shaft centers are required. Super Capacity type elevators are not listed in this catalog since they are custom designed for each application. Contact your local **Maste** Service Center or **Maste** Conveyor Division distributor for a recommendation.

	Density LBS/FT <sup>3</sup>	Material Code	Recommended Elevator Series *	Material	Density LBS/FT <sup>3</sup>	Material Code	Recommended Elevator Series *
<b>Alfalfa Meal</b>	14-22	B6-45WY	F, H	<b>Feldspar, Powder</b>	100	A200-36	F, H
Almonds, Broken	27-30	C1/2-35Q	C, F, H	Flaxseed	43-45	B6-35X	E
<b>Almonds, Whole Shelled</b>	28-30	C1/2-35Q	F	<b>Flaxseed Cake</b>			
Alum. Fine	45-50	B6-35U	A, F	(Linseed Cake)	48-50	D7-45W	C
<b>Alum, Lump</b>	50-60	B6-25	A, F	Flaxseed Meal			
Alumina	55-65	B6-27MY	G	(Linseed Meal)	25-45	B6-45W	A, C
<b>Aluminum Chips, Dry</b>	7-15	E-45V	F	<b>Fuller's Earth, Dry, Raw</b>	30-40	A40-25	B, D
Aluminum Oxide	60-120	A100-17M	F	Fuller's Earth, Oily, Spent	60-65	C1/2-450W	B, D
<b>Ashes, Coal, dry -- 3"</b>	35-40	D3-48T	C	<b>Glass, Batch</b>	80-100	C1/2-37	B, D
Asphalt, Crushed -- 1/2"	45	C1/2-45	A, C, F	Granite, Fine	80-90	C1/2-27	F
<b>Bakelite, Fine</b>	30-45	B6-25	A, F	<b>Gypsum, Calcined</b>	55-60	B6-35U	A, C, F, H
Baking Powder	40-55	A100-35	F	Gypsum, Calcined, Powdered	60-80	A100-35U	A, F
<b>Bauxite, Crushed -- 3"</b>	75-85	D3-38	A, C, F	<b>Gypsum, Raw -- 1"</b>	70-80	D3-25	F
Beans, Castor, Whole Shelled	36	C1/2-15W	A, C, F, H	Hops, Spent, Dry	35	D3-35	A, C
<b>Beans, Navy, Dry</b>	48	C1/2-15	A, C, F, H	<b>Hops, Spent, Wet</b>	50-55	D3-45V	A, C
Bentonite, Crude	34-40	D3-45X	A, C	Ice, Crushed	35-45	D3-35Q	A, F
<b>Bentonite, 100 Mesh</b>	50-60	A100-25MYX	A, C	<b>Iron Ore</b>	140-180	D3-37	A, C, F, G
Boneblack	20-25	A100-25Y	F	Lime, Ground, Unslaked	60-65	B6-35U	A, C, F, G
<b>Bonemeal</b>	50-60	B6-35	A, C	<b>Lime, Hydrated</b>	40	B6-35LM	F
Bones, Crushed	35-50	D3-45	A, C, F, H	Lime, Pebble	53-56	C1/2-25IU	A, F
<b>Bones, Ground</b>	50	B6-35	A, C, F, H	<b>Limestones, Agricultural</b>	68	B6-35	A, C, F, H
Borax, Fine	45-55	B6-25T	A, C	Limestone, Crushed	85-90	DX-36	F, H
<b>Bran, Rice-Bye, Wheat</b>	18-20	B6-35NY	A, C	<b>Malt, Dry, Ground</b>	20-30	B6-35NP	A, C
Brewer's Grain, spent, dry	14-30	C1/2-45	A, C	Malt, Meal	36-40	B6-25P	A, C
<b>Brewer's Grain, spent, wet</b>	55-60	C1/2-45T	A, C	<b>Malt, Dry, Whole</b>	20-30	C1/2-35N	A, C
Buckwheat	37-42	B6-25N	E	Marble, Crushed	80-95	B6-37	F
<b>Calcium Oxide</b>				<b>Milk, Malted</b>	27-30	A40-45PX	A
Cast Iron, Chips	130-200	C1/2-45	F	Oats	26	C1/2-25MN	E
<b>Cement, Clinker</b>	75-85	D3-38	A, F	<b>Oats, Flaked</b>	19-24	C1/2-35NY	A, C
Cement, Portland	94	A100-26M	A, F	Oxalic Acid Crystals -- Ethane Diacid Crystals	60	B6-35QS	B, D
<b>Chalk, Crushed</b>	75-85	D3-25	A, E	<b>Phosphate Rock, Broken</b>	75-85	DX-36	A, C, F, H
Chalk, Pulverized	67-75	A100-25MYX	A, F	Phosphate Rock, Pulverized	60	B6-36	A, C, F, H
<b>Charcoal, Lump</b>	18-28	D3-45Q	F	<b>Potash (Murate) Dry</b>	70	B6-37	A, C, F
Cinders, Coal	40	D3-36T	A, F	Pumice -- 1/8"	42-48	B6-46	I
<b>Clay, Brick, Dry, Fine</b>	100-120	C1/2-38	B	<b>Rice, Bran</b>	20	B6-35NY	E
Coal, Anthracite, Sized -- 1/2"	49-61	C1/2-25	A, F	Rice, Grits	42-45	B6-35P	A, C
<b>Coal, Bituminous, Miners</b>	45-60	D3-45T	A, F	<b>Rice, Hulled</b>	45-49	C1/2-25P	E
Coffee, Green Bean	25-32	C1/2-25PQ	A, F	Rye	42-48	B6-15N	E
<b>Coffee, Roasted Bean</b>	20-30	C1/2-25PQ	A, F	<b>Salt Cake, Dry, Coarse</b>	85	B6-36TU	A, C, F, H
Coke, Breeze	25-35	C1/2-37	B, D	Salt, Dry Fine	70-80	B6-36TU	F, H
<b>Coal, Lump</b>	23-35	D3-37	D	<b>Sand Dry Bank (Damp)</b>	110-130	B6-47	B, G
Coke, Petrol, Calcined	35-45	D7-37	D	Sand Dry Bank (Dry)	90-110	B6-37	B, G
<b>Cracked Cake, Ground</b>	40-45	B6-45HW	A, C, F, G	<b>Sand Foundry (Shake Out)</b>	80-100	D3-37Z	
Copra, Cake, Lumpy	25-30	D3-35HW	A, C, F	Shale, Crushed	85-90	C1/2-36	B, H
<b>Copra, Lump</b>	22	E-35HW	A, C, F, H	<b>Slag, Blast Furnace</b>			
Copra, Meal	40-45	B6-35HW	A, C, F, G	Crushed	130-180	D3-37Y	F
<b>Colts, Branulated</b>	12-15	C1/2-35IY	F, H	Slate, Crushed -- 1/2"	80-90	C1/2-36	F
Corn, Cracked	40-50	B6-25P	F, H	<b>Soda Ash, Heavy</b>	55-65	B6-38	A, C
<b>Colts, Cracked</b>	40-50	B6-36Y	F, H	Soda Ash, Light	20-35	A40-36Y	F, H
Corn Grits	40-45	B6-35P	A, C	<b>Sodium Phosphate</b>	50-60	A-35	A, F
<b>Corn Shelled</b>	45	C1/2-25	E	Soybean, Cake	40-43	D3-35W	C
Colts, Ground	30-40	B6-36U	A, C	<b>Soybean, Cracked</b>	30-40	C1/2-36NW	A
Cottonseed, Cake, Lumpy	40-45	D7-45HW	A, C	Soybean, Flake, Raw	18-25	C1/2-35Y	A, C
<b>Cottonseed, Dry, Delinted</b>	18-25	C1/2-45XY	B, D	<b>Soybean, Flour</b>	27-30	A40-35MN	B, D
Cottonseed, Meal, Extracted	35-40	B6-45HW	A, C	Soybean Meal, Cold	40	B6-35	A, C
<b>Distiller's Grain, Spent Dry</b>	30	B6-35	A, C	<b>Soybean Meal, Hot</b>	40	B6-35T	A, C
<b>Ebonite, Crushed</b>	63-70	C1/2-35	F	Soybeans, Whole	45-50	C1/2-26NW	E
				<b>Sugar Beet, Pulp, Dry</b>	12-15	C1/2-26	F, H
				Sugar Beet, Pulp, Wet	25-45	C1/2-35X	F, H
				<b>Sugar, Raw</b>	55-65	B6-36PX	A, Q
				Trisodium Phosphate, Granular	60	B6-36	A, F
				<b>Wheat, Cracked</b>	45-48	C1/2-25N	E
				Wheat, Cracked	40-45	B6-25N	A, C
				<b>Wheat, Bran</b>	18-28	B6-25	A, C
				Wood Chips, Screened	10-30	D3-45VY	B, D

★ ELEVATOR SERIES DESIGNATION

- A - SERIES 100 CHAIN      D - SERIES 500 BELT      G - SERIES 700 BELT
- B - SERIES 100 BELT      E - SERIES 200 BELT      H - SERIES 800 CHAIN
- C - SERIES 200 CHAIN      F - SERIES 700 CHAIN

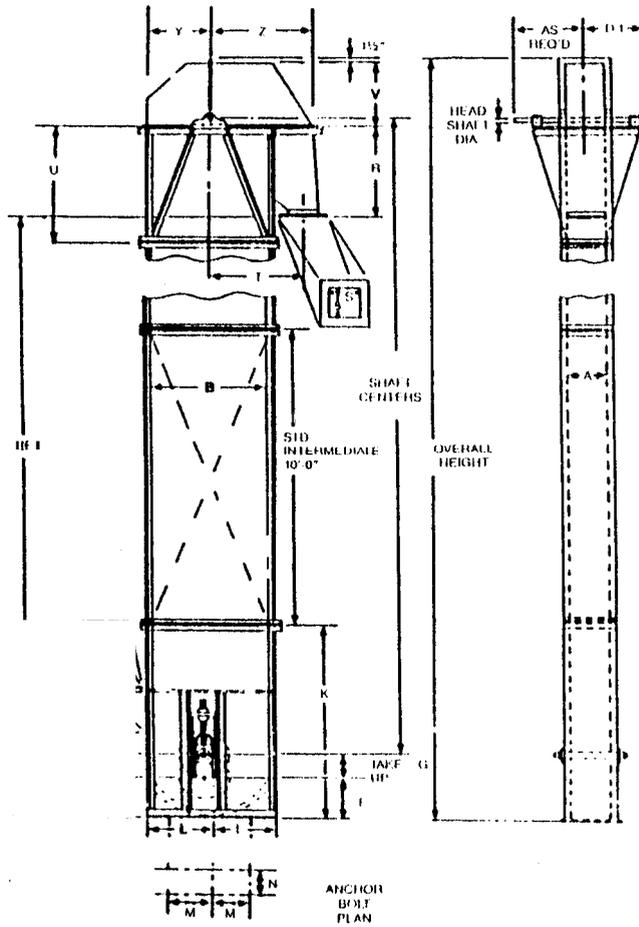
CAPACITY

ELEVATOR NUMBER	CAPACITY IN CUBIC FEET PER HOUR *	BUCKETS †		CHAIN	SPEED IN F.P.M.	MAX. LUMP SIZE		NOMINAL CASING SIZE	HEAD SPROCKET			ROOT SPROCKET			APPROXIMATE WEIGHT (LBS) TERMINALS INCLUDING MACHINERY		ENTER WEIGHT PER FT.
		SIZE	SPACING			100%	10%		# OF TEETH	PITCH DIA.	RPM	# OF TEETH	PITCH DIA.	SHAFT DIA.			
C64-102	279	6 x 4	13	C-188	224	1/2	2 1/2	9 1/4 x 35	24	20	43	18	15	1 1/2	698	57	
C85-104	545	8 x 5		C-102B	231	3/4	3	11 1/4 x 39	16	20 1/2	43	10	13	1 1/2			
C85-107	615		C-102B	260	11 1/4 x 42			19	24 1/4	41	14	18	1 1/2	825	73		
														2	930	80	
C106-110	935	10 x 6	16	C-102B	231	1	3 1/2	13 1/4 x 42	16	20 1/2	43	12	15 1/2	2	910	89	
C106-112	965		18	C-110	268			13 1/4 x 48	13	25	41	11	21 1/4		1055	90	
C106-113	988		16	C-102B	260			13 1/4 x 48	19	24 1/4	41	16	20 1/2		1175	94	
C106-116	1053																
C127-117	1500	12 x 7	16	C-102B	260	1 1/4	4	15 1/4 x 48	19	24 1/4	41	14	18	2			
C127-119	1667		16	C-102B	303			15 1/4 x 54	24	30 1/2	38	19	24 1/4	2	1090	102	
C127-120	1741														2 7/16	1385	104
C127-122	1945														2 7/16		
C147-123	1899	14 x 7	19	C-111	303	1 1/4	4	17 1/4 x 48	16	24 1/4	41	10	17 1/2	2 7/16			
C147-124	1850		18	SS 110	268			17 1/4 x 48	13	25	41	9	17 1/2		1367	102	
C147-126	2018		16	C-102B	260			17 1/4 x 54	19	30 1/2	38	16	24 1/4		1500	110	
C147-127	1980		19	C-111	303			17 1/4 x 54	20	30 1/2	38	16	24 1/4		1600	110	
C147-128	2002		16	C-102B	303			17 1/4 x 54	24	30 1/2	38	19	24 1/4		1405	108	
C147-130	2352																
C168-131	2512	16 x 8	19	C-111	303	1 1/2	4 1/2	19 1/4 x 48	16	24 1/4	41	11	17 1/2	2 7/16	1454	116	
C168-132	2520		18	SS 110	247			19 1/4 x 48	12	23	41	9	17 1/2		1489	122	
C168-133	2926		16	C-111	303			19 1/4 x 54	20	30 1/4	34	11	21 1/4		1650	123	
C168-134	3122		18	SS 110	306			19 1/4 x 54	16	30 1/4	38	11	21 1/4		1783	119	

\* Based on 75% full bucket  
 † Includes casing, chain and buckets  
 ‡ Dimensions are in inches

HORSEPOWER ★

ELEVATOR NUMBER	MATERIAL DENSITY											
	35			50			75			100		
	CENTERS FT	HEAD SHAFT DIA	HP	CENTERS FT	HEAD SHAFT DIA	HP	CENTERS FT	HEAD SHAFT DIA	HP	CENTERS FT	HEAD SHAFT DIA	HP
C43-101	0-100	1-7/16	1	0-100	1-7/16	1	0-100	1-7/16	1	0-80	1-7/16	1
C64-102	0-81	1-15/16	1	0-59	1-15/16	1	0-57	1-15/16	1	0-54	1-15/16	1 1/2
	62-100	2-7/16	1	60-83	2-7/16	1 1/2	57-85	2-7/16	1 1/2	55-75	2-7/16	2
				84-100	2-7/16	2	86-100	2-15/16	2	76-90	2-15/16	3
C85-103	0-96	1-15/16	1	0-34	1-15/16	1	0-29	1-15/16	1 1/2	91-100	2-15/16	3
C85-104	36-71	2-7/16	1 1/2	35-60	2-7/16	1 1/2	30-54	2-7/16	2	0-27	1-15/16	1 1/2
C85-105	72-100	2-15/16	2	61-80	2-15/16	2	55-81	2-7/16	3	28-40	2-7/16	2
C85-107 and C85-108				81-100	2-15/16	3	82-100	2-15/16	5	41-60	2-7/16	3
C106-110	0-88	1-15/16	1	0-27	1-15/16	1 1/2	0-21	1-15/16	1 1/2	61-100	2-15/16	5
C106-111	29-53	2-7/16	1 1/2	28-50	2-7/16	2	22-33	2-7/16	2	0-25	2-7/16	2
C106-112	54-71	2-15/16	2	51-75	2-15/16	3	34-60	2-7/16	3	26-34	2-7/16	3
C106-113 and C106-116	72-100	3-7/16	3	76-100	3-7/16	5	51-83	2-15/16	5	35-62	2-15/16	5
C127-117	0-20	1-15/16	1 1/2	0-27	2-7/16	3	0-23	2-7/16	3	63-93	3-7/16	7 1/2
C127-119	21-33	2-7/16	2	28-48	2-15/16	5	24-39	2-15/16	5	94-100	3-7/16	10
C127-120 and C127-122	34-40	2-7/16	3	49-58	3-7/16	5	40-58	2-15/16	7 1/2	0-23	2-7/16	5
	41-60	2-15/16	5	59-87	3-7/16	7 1/2	59-78	3-7/16	10	35-58	3-7/16	10
	70-100	3-7/16	7 1/2	86-100	3-15/16	10	79-100	3-15/16	15	59-100	3-15/16	20
C147-123	0-34	2-7/16	3	0-23	2-7/16	5	0-21	2-7/16	5	0-34	2-15/16	7 1/2
C147-124	35-60	2-15/16	5	34-41	2-15/16	5	22-37	2-15/16	7 1/2	0-34	2-15/16	7 1/2
C147-126	59-68	2-15/16	5	42-71	3-7/16	7 1/2	38-63	3-7/16	10	48-71	3-15/16	15
C147-127	69-95	3-7/16	7 1/2	72-95	3-15/16	10	64-94	3-15/16	15	48-71	3-15/16	15
C147-128 and C147-130	96-100	3-15/16	7 1/2	96-100	3-15/16	15	95-100	3-15/16	20	71-91	3-15/16	20
C168-131	0-44	2-15/16	5	0-37	2-15/16	5	0-27	2-15/16	7 1/2	92-100	3-15/16	25
C168-132	45-73	3-7/16	7 1/2	38-55	3-7/16	7 1/2	28-36	3-7/16	7 1/2	0-37	3-7/16	10
C168-133 and C168-134	74-100	3-15/16	10	55-74	3-15/16	10	37-46	3-7/16	10	38-55	3-15/16	15
				75-87	3-15/16	15	49-73	3-15/16	15	58-88	3-15/16	20
				88-100	4-7/16	20	74-100	4-7/16	20	67-74	4-7/16	20
										75-100	4-7/16	25

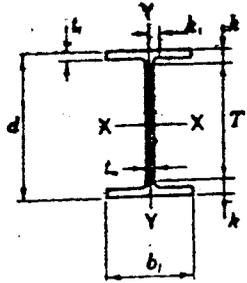


# Apéndice G

## Propiedades de perfiles I

TABLA 12-1

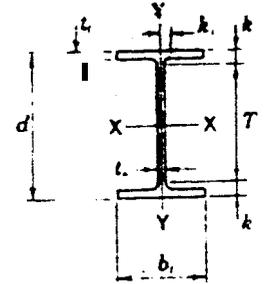
$M_{ab}^f$	Tipo de carga	$M_{ba}^f$
$-\frac{Pl}{8}$		$+\frac{Pl}{8}$
		$+\frac{Pc^2d}{l^2}$
$-\alpha(1-\alpha)Pl$		$+\alpha(1-\alpha)Pl$
$-\frac{wl^2}{12}$		$+\frac{wl^2}{12}$
$-\frac{wl^2}{20}$		$+\frac{wl^2}{30}$
$-\frac{11wl^2}{192}$		$+\frac{5wl^2}{192}$
$-\frac{wl^2}{15}$		$+\frac{wl^2}{15}$
$+\frac{Md(2c-d)}{l^2}$		$+\frac{Mc(2d-c)}{l^2}$



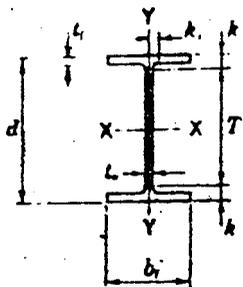
### W SHAPES Dimensions

Designation	Area A	Depth d	Web			Flange			Distance				
			Thickness $t_w$	$\frac{t_w}{2}$	Width $b_f$	Thickness $t_f$	T	k	$k_1$				
										in.	in.	in.	in.
W 5x19 x16	5.54	5.15	5/16	0.270	1/4	1/8	5.030	5	0.430	7/16	3 1/2	3 3/8	7/16
	4.68	5.01	5	0.240	1/4	1/8	5.000	5	0.360	3/8	3 1/2	3 3/8	7/16
W 4x13	3.83	4.16	4 1/8	0.280	1/4	1/8	4.060	4	0.345	3/8	2 3/4	3 1/8	7/16

### W SHAPES Properties



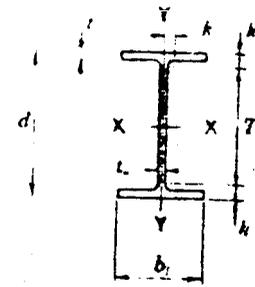
Nominal WT. per Ft Lb	Compact Section Criteria						$r_T$	$\frac{d}{A_f}$	Elastic Properties						Torsional constant J	Plastic Modulus	
	$\frac{b_f}{2t_f}$		$\frac{d}{t_w}$	$F_y$	$F_y$	$F_y$			Axis X-X			Axis Y-Y				$Z_x$	$Z_y$
	Ksi	Ksi							Ksi	Ksi	Ksi	I	S	r			
			in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>						in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>		in. <sup>3</sup>	in. <sup>3</sup>
19	5.8	-	19.1	-	1.38	2.38	26.2	10.2	2.17	9.13	3.63	1.28	0.31	11.6	5.53		
16	6.9	-	20.9	-	1.37	2.78	21.3	8.51	2.13	7.51	3.00	1.27	0.19	9.59	4.57		
13	5.9	-	14.9	-	1.10	2.97	11.3	5.46	1.72	3.86	1.90	1.00	0.15	6.28	2.92		



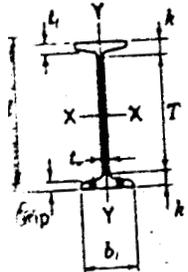
### W SHAPES Dimensions

Designation	Area A	Depth d	Web		Flange		Distance						
			Thickness $t_w$	$\frac{t_w}{2}$	Width $b_f$	Thickness $t_f$	T	k	$k_1$				
										in.	in.	in.	in.
W 10x19	5.62	10.24	10 $\frac{1}{4}$	0.250	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	4.020	4	0.395	$\frac{3}{8}$	8 $\frac{3}{8}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{1}{2}$
x 17	4.99	10.11	10 $\frac{1}{8}$	0.240	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	4.010	4	0.330	$\frac{5}{16}$	8 $\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
x 15	4.41	9.99	10	0.230	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	4.000	4	0.270	$\frac{1}{4}$	8 $\frac{3}{8}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{7}{16}$
x 12	3.54	9.87	9 $\frac{7}{8}$	0.190	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{2}$	3.960	4	0.210	$\frac{3}{16}$	8 $\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$

### W SHAPES Properties



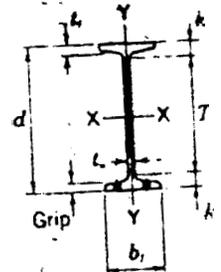
Nom- inal WL per ft	Compact Section Criteria				$r_T$	$\frac{d}{A_f}$	Elastic Properties						Tor- sional con- stant J	Plastic Modulus	
	$\frac{b_f}{2t_f}$	$F_y'$	$\frac{d}{t_w}$	$F_y''$			Axis X-X			Axis Y-Y				$Z_x$	$Z_y$
							I	S	r	I	S	r			
							in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.			
19	5.1	—	41.0	39.4	1.03	6.45	96.3	18.8	4.14	4.29	2.14	0.874	0.23	21.6	5.1
17	6.1	—	42.1	37.2	1.01	7.64	86.9	16.2	4.05	3.56	1.78	0.844	0.16	18.7	2.9
15	7.4	—	43.4	35.0	0.99	9.25	69.8	13.8	3.95	2.89	1.45	0.810	0.10	16.0	2.4
12	9.4	47.5	51.9	24.5	0.96	11.9	53.8	10.9	3.90	2.18	1.10	0.785	0.06	12.6	1.4



### S SHAPES Dimensions

Nominal Size	Area A	Depth d	Web		Flange		Distance		Grip	Max. Flg. Fastener					
			Thickness $t_w$	$L_w/2$	Width $b_f$	Thickness $t_f$	T	k							
											In.	In.	In.	In.	In.
4x9.5	2.79	4.00	4	0.325	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	2.796	2 $\frac{1}{4}$	0.293	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	—
x7.7	2.26	4.00	4	0.193	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2.663	2 $\frac{1}{2}$	0.293	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	—
				0.349	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	2.509	2 $\frac{1}{2}$	0.260	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	—

### S SHAPES Properties



Nominal Size	Compact Section Criteria					RT	$d/A_f$	Elastic Properties						Torsional constant J	Plastic Modulus	
	$b_f/2t_f$	$F_y$	$d/t_w$	$F_y'''$	$r_T$			Axis X-X			Axis Y-Y				$Z_x$	$Z_y$
								I	S	r	I	S	r			
9.5	4.8	—	12.5	—	0.65	4.88	6.79	3.39	1.56	0.903	0.646	0.569	0.12	4.04	1.13	
7.7	4.5	—	20.7	—	0.64	5.13	6.08	3.04	1.64	0.764	0.574	0.581	0.07	3.51	0.964	
7.5	4.8	—	8.6	—	0.59	4.60	2.93	1.95	1.15	0.586	0.468	0.516	0.09	2.36	0.826	
6.7	4.5	—	17.6	—	0.57	4.95	2.52	1.68	1.23	0.455	0.390	0.522	0.04	1.95	0.653	

# **BIBLIOGRAFÍA**

1. SHIGLEY, J. E. Diseño en la Ingeniería Mecánica, McGraw Hill Interamericana, 1990, 883 p.
2. POPOV, EGOR p. Mecánica de Sólidos, Limusa, 1992, 652 p.
3. HUEBNER, C. The Finit Elements Analysis, Uthea, 1956, 387 p.
4. MARTIN, Sprockets and Gears, Martin, 1993, 1429 p.