

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MEZCLADORA DE BALANCEADO PARA POLLOS PARRILLEROS. MÁQUINA CON UNA CAPACIDAD DE 1000Kg/h.**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**CÉSAR PAÚL FERNÁNDEZ PILATAXI**

[paujean11@hotmail.com](mailto:paujean11@hotmail.com)

**VLUCHER SANTIAGO QUINTERO SAMANIEGO**

[vlucher25@hotmail.com](mailto:vlucher25@hotmail.com)

**DIRECTOR: ING. JAIME RAÚL VARGAS TIPANTA.**

[jaime.vargas@epn.edu.ec](mailto:jaime.vargas@epn.edu.ec)

**Quito, Febrero 2014**

## DECLARACIÓN

Nosotros, César Paúl Fernández Pilataxi y Vlucher Santiago Quintero Samaniego declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

César Fernández Pilataxi

---

Vlucher Quintero Samaniego

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por César Paúl Fernández Pilataxi y Vlucher Santiago Quintero bajo nuestra supervisión.

---

**Ing. Jaime Vargas.**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Ing. Jorge Escobar**  
**COLABORADOR**

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios por darme la sabiduría, paciencia y constancia para desarrollar con éxito este proyecto de titulación.

A todos mis compañeros quienes hicieron que el pasar de cada nivel se lo haga de una manera agradable y en especial a Sandra Chicaiza, mi querida Esposa.

A mi director de tesis al Ing. Jaime Vargas por su acertada dirección y ayuda.

A mi familia y todas las personas que hicieron posible y aportaron con ideas para el desarrollo de este proyecto.

CÉSAR PAÚL

Mis agradecimientos totalmente para mi familia (Estergiber Samaniego Preciado y Vlucher Quintero Estacio) que siempre estuvieron ahí para darme el apoyo que se necesita para moverte hacia adelante.

A mis ingenieros que en el transcurso de mi carrera supieron darme los conocimientos suficientes para poder defenderme en mi ingeniería.

A mis compañeros de clases que estuvieron en las buenas y en las malas conmigo.

VLUCHER SANTIAGO

## DEDICATORIA

Todo el sacrificio, esfuerzo y perseverancia que he tenido todos estos años se lo dedico a mis padres Jorge René y María del Carmen; a mis hermanos Patricio, Blanca, Diego y Raúl quienes, siempre estuvieron ahí en todos los momentos entregándome todo su cariño, apoyo y comprensión.

A mi hija Paula, que con sus ocurrencias me ha hecho sonreír y me ha dado ánimos para continuar y culminar mi carrera.

A mi querida esposa Sandra, quién fue un puntal muy importante en la realización de este proyecto de titulación.

A José Pilataxi por su aporte fundamental en el diseño de esta máquina.

PAÚL.

Dedico este trabajo incansable y merecedero de satisfacción y alegría para conmigo, a mi hija Haizea, mi familia, mis amigos que a pesar de las tantas cosas que se viven a diario y que cosa más gratificante, haberlo concluido de esta manera con alegría y felicidad.

VLU.

## CONTENIDO

GENERALIDADES .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>	1
1.1 DEFINICIONES PRELIMINARES .....		1
1.1.1 INTRODUCCIÓN:.....		1
1.1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		2
1.1.2.1 Objetivo General: .....		2
1.1.2.2 Objetivos Específicos:.....		2
1.1.3 ALCANCES.....		2
1.1.4 ALIMENTO .....		3
1.1.5 EL ALIMENTO BALANCEADO .....		3
1.1.6 NUTRIENTES .....		4
1.1.7 POLLOS PARRILLEROS.....		4
1.1.8 REQUISITOS DE NUTRICIÓN .....		5
1.1.8.1 Energía .....		5
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....		9
1.3 NECESIDADES DE LA MICROEMPRESA.....		9
1.4 ENCUESTAS REALIZADAS .....		9
1.4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS REALIZADAS.....		10
1.5 PARÁMETROS DE DISEÑO.....		14
1.6 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES .....		14
CAPITULO II.....		15
2.1 MEZCLADORAS DE ALIMENTOS BALANCEADOS.....		15
2.1.1 MEZCLADO.....		15
2.2 TIPOS DE MEZCLAS BALANCEADOS PARA POLLOS PARRILLEROS ...		16

2.3	MÁQUINAS UTILIZADAS PARA LA PREPARACION DE ALIMENTOS	
	BALANCEADOS .....	17
2.3.1	MEZCLADORAS VERTICALES .....	18
2.3.1.1	Problemas comunes en las mezcladoras verticales.....	19
2.3.1.2	Orden de llenado en las mezcladoras verticales. ....	19
2.3.2	MEZCLADORA HORIZONTAL.....	19
2.3.2.1	Problemas comunes en las mezcladoras Horizontales.....	21
2.3.2.1	Orden de llenado en las mezcladoras Horizontales. ....	21
2.3.3	MEZCLADORAS DE TAMBOR.....	22
2.3.4	CONTROL DE CALIDAD.....	22
2.4	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	23
2.4.1	INTRODUCCIÓN.....	23
2.4.2	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y CRITERIO DE PONDERACIÓN .....	23
2.4.2.1	Aspecto Económico .....	23
2.4.2.2	Facilidad de Montaje y Desmontaje .....	24
2.4.2.3	Facilidad de Construcción.....	24
2.4.2.4	Facilidad de Operación.....	24
2.4.2.5	Producto Terminado .....	24
2.4.2.6	Mantenimiento.....	24
2.4.2.7	Versatilidad .....	25
2.4.3	ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	25
2.4.3.1	Alternativa A: Mezcladora Vertical.....	25
2.4.3.2	Alternativa B: Mezcladora Horizontal.....	26
2.4	SELECCION DE ALTERNATIVAS .....	28
2.5	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	29

CAPITULO III .....	32
DISEÑO DE LA MEZCLADORA DE ALIMENTOS .....	32
3.1 DESCRIPCION DE LOS PARÁMETROS DE LOS QUE PARTE EL DISEÑO. ..	32
3.2 DISEÑO DE LA TOLVA .....	33
3.3 DISEÑO DEL TORNILLO SIN FIN DE HÉLICE HELICOIDAL. ....	40
3.3.1 CÁLCULO DEL DIÀMETRO DE LA HÈLICE DEL TRANSPORTADOR. ..	41
3.3.1.1 Cálculo del Paso .....	42
3.3.1.2 Ángulo de Inclinación.....	42
3.3.1.3 Desarrollo del Aspa Helicoidal .....	42
3.3.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.....	45
3.3.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN .....	47
3.3.4 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN .....	53
3.3.5 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	61
3.3.6 DISEÑO DE LA LENGÛETA .....	62
3.3.7 DISEÑO DE LAS JUNTAS SOLDADAS.....	64
3.3.7.1 Diseño estático de las juntas soldadas entre el eje motriz y hélice.....	64
3.3.7.2 Diseño Dinámico de las Juntas soldadas entre Eje Motriz y hélice. ....	66
3.3.8 SOPORTES DE LA MÁQUINA. ....	68
3.3.9 SELECCIÓN DE PERNOS PARA EL ACOPLA TAPA Y CARCAZA. ....	71
3.3.9.1 Diseño a Corte. ....	72
CAPITULO IV .....	75
CONSTRUCCION, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO DEL PROTOTIPO .....	75
4.1 GENERALIDADES.....	75
4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA. ....	75
4.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN. ....	76

4.2.2 HOJA DE PROCESOS.....	77
4.2.3 ETAPAS DE CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA.....	82
4.3 MONTAJE DE LA MÁQUINA.....	83
4.4 PRUEBAS DE CAMPO.....	85
4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	89
CAPITULO V.....	90
ANALISIS DE COSTOS.....	90
5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	90
5.1.1 MATERIALES DIRECTOS.....	90
5.1.2 ELEMENTOS DIRECTOS.....	91
5.1.3 COSTOS DE MAQUINADO.....	92
5.1.4 COSTOS DE MONTAJE.....	92
5.1.5 COSTO DIRECTO TOTAL.....	93
5.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.....	93
5.2.1 MATERIALES DIRECTOS.....	93
5.2.2 COSTO DE INGENIERIA.....	94
5.2.3 GASTOS INDIRECTOS.....	94
5.2.4 COSTO INDIRECTO TOTAL.....	94
5.2.5 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	95
CAPITULO VI.....	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
7.1 CONCLUSIONES.....	96
7.2 RECOMENDACIONES.....	97
CAPITULO VII.....	98
BIBLIOGRAFÍA.....	98

CONSULTAS WEB .....	99
ANEXOS.....	100

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.4 Valoración de las alternativas de diseño.....	29
Tabla 2.5 Pruebas a realizarse. ....	30
Tabla 3.1 Espacio Disponible.....	32
Tabla 3.2 Parámetros para el diseño de la tolva. ....	34
Tabla 3.3 Alturas para las Secciones solicitadas. ....	36
Tabla 3.4 Factor de Servicio, K.....	48
Tabla 3.5 Características del tubo estructural cuadrado.....	69
Tabla 4.1 Protocolo de Pruebas .....	87
Tabla 5.1. Costos de materiales directos.....	90
Tabla 5.2 Costos de elementos directos.....	91
Tabla 5.3. Costos de mano de obra en máquinas-herramientas.....	92
Tabla 5.4 Costo directo total. ....	93
Tabla 5.5 Costos de materiales indirectos.....	93
Tabla 5.6 Costo indirecto total. ....	95
Tabla 5.7 Costo total de la máquina picadora de hielo. ....	95

## CONTENIDO FIGURAS

Figura 1.1 - Porcentaje pregunta 1.....	10
Figura 1.2 - Porcentaje pregunta 2.....	11
Figura 1.3 - Porcentaje pregunta 3.....	12
Figura 1.4 - Porcentaje pregunta 4.....	13
Figura 1.5 - Porcentaje pregunta 5.....	13
Figura 2.1 - Patrón de mezclado en Mezcladoras Verticales .....	18
Figura 2.3 Patrón de mezclado en mezcladoras horizontales de listones. ....	20
Figura 2.4. Patrón de mezclado en mezcladoras de Tambor.....	22
Figura 2.5 - Mezcladora Vertical.....	25
Figura 2.6 - Patrón de mezclado en mezcladoras de Tambor .....	27
Figura 3.1 - Modelo de Carcaza. ....	34
Figura 3.2 Cilindro de Paredes Delgadas. ....	37
Figura 3.3 Desarrollo del aspa helicoidal elevación. ....	43
Figura 3.4 Desarrollo del aspa helicoidal Planta. ....	43
Figura 3.5 Cilindro de Paredes Delgadas. ....	49
Figura 3.12 - Cargas que actúan sobre la soldadura. ....	64
Figura 3.14 - Fuerzas a las que están sometidos los pernos. ....	72

## SIMBOLOGÍA UTILIZADA

$A$  = área [m<sup>2</sup>]

$A'$  = desarrollo de la hélice con el radio mayor. [m]

$A^\circ$  = ángulo de la corona del desarrollo. [°]

$A_c$  = ángulo de contacto. [°]

$A_t$  = área transversal del eje del tornillo. [m<sup>2</sup>]

$B'$  = desarrollo de la hélice con el radio menor. [m]

$C$  = Capacidad de carga dinámica. [N]

$C_c$  = esbeltez de transición.

$D$  = diámetro [m]

$D_c$  = diámetro de la sección cilíndrica de la carcaza. [m]

$D_e$  = diámetro entre ejes. [m]

$D_H$  = diámetro de hélice. [m]

$D_{te}$  = diámetro del tubo elevador. [m]

$d$  = diámetro del eje del tornillo sin fin. [m]

$d_n$  = diámetro nominal del perno. [m]

$d_e$  = Diámetro equivalente. [m]

$D_1$  = diámetro de p Polea conductora. [m]

$D_2$  = diámetro p Polea conducida. [m]

$E$  = módulo de elasticidad. [MPa]

$e$  = espacio entre tubo elevador y hélice. [m]

$F$  = fuerza. [N]

$F_c$  = fuerza de corte. [N]

$F_{cl}$  = factor de corrección del largo de la banda.

$F_c A_c$  = factor corrector del ángulo de contacto.

$F_p$  = precarga del perno debido al apriete. [kip]

$g$  = aceleración de la gravedad. [m/s<sup>2</sup>]

$h$  = altura [m]

$h_1$  = altura sección cilíndrica. [m]

$h_1$  = altura sección cónica. [m]  
 $h_{LL}$  = altura de llenado. [m]  
 $h_c$  = altura de la carcaza. [m]  
 $h_{ss}$  = altura de sección soldada. [m]  
 $J_u$  = momento polar de área unitario. [m<sup>3</sup>]  
 $J$  = momento polar de área del grupo de juntas. [m<sup>4</sup>]  
 $K$  = factor de corrección de potencia o factor de servicio.  
 $K_a$  = factor de superficie  
 $K_b$  = factor de tamaño.  
 $K_c$  = factor de confiabilidad.  
 $K_d$  = factor de temperatura.  
 $K_e$  = factor de concentración de esfuerzos.  
 $K_t$  = factor teórico de concentración de esfuerzos.  
 $K_b$  = constante de rigidez del perno. [lb/pulg]  
 $K_m$  = constante de rigidez de los elementos. [lb/pulg]  
 $L$  = longitud. [m]  
 $L_{10}$  = Duración nominal en horas de servicio[h]  
 $L$  = longitud del eje. [m]  
 $L_p$  = longitud primitiva. [m]  
 $l$  = longitud de la lengüeta. [m]  
 $M$  = momento flector [Nm]  
 $M_t$  = momento torsor. [Nm]  
 $m$  = masa. [kg]  
 $n_f$  = factor de seguridad.  
 $N$  = número de pernos.  
 $P$  = potencia del transportador. [HP]  
 $P_b$  = prestación base o potencia base. [HP]  
 $P_c$  = potencia corregida. [HP]  
 $P_e$  = potencia efectiva. [HP]

$P_H$  = potencia de desplazamiento del material. [HP]  
 $P_m$  = potencia transmitida por el motor conductor. [HP]  
 $P_N$  = potencia de accionamiento en vacío. [HP]  
 $P_p$  = potencia del alimento. [HP]  
 $P_r$  = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento. [N]  
 $P_{St}$  = potencia de inclinación. [HP]  
 $P_t$  = peso total. [Kg]  
 $p$  = Exponente de la fórmula de duración.  
 $p_i$  = presión interna [psi]  
 $P$  = carga externa total que soporta los pernos. [N]  
 $q$  = sensibilidad a las ranuras.  
 $Q$  = carga distribuida. [N]  
 $Q_v$  = caudal o volumen transportado. [m<sup>3</sup>/h]  
 $Q_m$  = capacidad. [T/h]  
 $R$  = reacciones. [N]  
 $R_t$  = relación de transmisión.  
 $r$  = radio. [m]  
 $S$  = paso de la hélice. [m]  
 $S_y$  = resistencia a la fluencia. [MPa]  
 $S_e$  = límite a la fatiga. [MPa]  
 $S_e'$  = límite de fatiga por viga rotatoria. [MPa]  
 $S_{ut}$  = límite último a la tracción. [MPa]  
 $T$  = torque. [Nm]  
 $T_t$  = tensión transmitida al eje. [N]  
 $t$  = espesor de la chapa [mm]  
 $\tau$  = esfuerzo de corte. [N/m<sup>2</sup>]  
 $V$  = velocidad del tornillo. [m/s]  
 $V_t$  = velocidad tangencial. [m/s]  
 $v$  = volumen de carga. [m<sup>3</sup>]  
 $\omega$  = velocidad angular. [rad/s]  
 $W_h$  = ancho de hélice. [m]

$W_{pt}$  = peso total de la máquina. [Kg]

$\rho$  = densidad. [Kg/m<sup>3</sup>]

$\varphi$  = coeficiente de llenado.

$\lambda$  = resistencia al desplazamiento.

## RESUMEN

El siguiente proyecto tiene como propósito el diseño y construcción de una máquina mezcladora de balanceado para pollos parrilleros que satisfaga los requerimientos de los pequeños y medianos avicultores.

Inicialmente se recopila información básica acerca de la producción de alimentos balanceados para aves, la formulación del balanceado y la teoría que ayuda a entender el funcionamiento y comportamiento de los diferentes elementos constitutivos de la máquina.

Para obtener la alternativa de solución que cumpla con los requisitos especificados se plantea 3 casos, en los cuales se realiza un análisis orientado a la funcionalidad, mantenimiento, operación y costos de fabricación.

Una vez obtenida la alternativa de solución se procede a diseñar y seleccionar cada uno de los elementos que conforman la máquina Mezcladora de Balanceado.

Después del diseño de los elementos que constituyen la máquina se realiza un análisis económico para obtener el costo aproximado de la construcción de la máquina Mezcladora de Balanceado.

Para todos los elementos que se van a fabricar se muestra hojas de procesos facilitando de esta manera la construcción de las partes constitutivas de la máquina.

Al final se presenta documentación que facilita el entendimiento, procedimiento y selección de los componentes, accesorios; además incluye planos de conjunto, y de taller de la máquina Mezcladora de Balanceado.

## **PRESENTACIÓN**

La crianza de pollos parrilleros es una de las principales fuentes de trabajo y aportación económica en todo el Ecuador.

Los pequeños y medianos avicultores requieren que su balanceado sea de buena calidad y este en muy buen estado para la crianza de sus aves, de tal manera que al momento de procesar su producto llegue en la mejor calidad a los mercados locales donde son comercializados; en la actualidad no existen en el mercado nacional máquinas mezcladoras de balanceado.

El buen estado del producto final deja una buena ganancia económica para el avicultor; por lo que es necesario contar con una máquina que proporcione el alimento balanceado muy bueno y que sea económicamente accesible y de fácil operación para el avicultor.

El presente proyecto está encaminado a diseñar y construir una máquina que sea de fácil adquisición para los pequeños y medianos avicultores.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 DEFINICIONES PRELIMINARES**

#### **1.1.1 INTRODUCCIÓN:**

El Ecuador es un país cuya principal fuente de ingresos económicos es el petróleo; pero la actividad avícola también aporta a la economía del país, una muy considerable cantidad de gente se dedica a la avicultura; de ahí que es necesario apoyar a este sector avícola para que su producto sea de buena calidad.

Todas las especies de pollos parrilleros se alimentan con un tipo especial de balanceados. Por consiguiente el uso de debidos alimentos balanceados, posibilita un aumento efectivo de la producción avícola y permite disminuir el tiempo de crianza, lo que beneficia económicamente a las personas que se dedican a esta actividad.

Los productos que llegan al mercado en condiciones aceptables alcanzan generalmente precios más altos, tanto en el comercio mayorista como minorista, y proporcionan un mayor rendimiento económico de la actividad avícola.

Es por eso que se hace necesario facilitar alimento balanceado que sea económicamente accesible al sector de la pequeña y mediana industria avícola.

## **1.1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.2.1 Objetivo General**

Diseñar y construir una mezcladora de balanceado con una capacidad de 1000 Kg/h para ser utilizada en el sector de la pequeña y mediana industria avícola.

### **1.1.2.2 Objetivos Específicos**

- Proponer al sector de los pequeños y medianos avicultores de una alternativa para el procesamiento propio de sus balanceados.
- Crear las condiciones para que este proyecto derive en la formación de una pequeña industria para producir este tipo de máquinas.
- Construir una máquina para los pequeños empresarios que se dedican a la crianza de pollos parrilleros.
- Utilizar los materiales existentes en el medio para el diseño y construcción de esta máquina.
- Hacer del proyecto una inversión rentable para los graduandos.

### **1.1.3 ALCANCES**

- Se realizará un estudio de los fundamentos teóricos acerca del Diseño de Máquinas y del proceso para mezclar alimentos balanceados para pollos parrilleros.
- Se recopilará la información técnica para el diseño y construcción de la máquina.
- Se estudiará la factibilidad de construir una máquina que sirva para mezclar los tres diferentes tipos de balanceados para pollos.

- Se diseñará los elementos constitutivos de la máquina.
- Se estudiará y seleccionará la alternativa más apropiada para cubrir la necesidad del cliente.
- Se diseñará la alternativa seleccionada a construirse.
- Se construirá, montará y probará el prototipo.
- Se realizará el pertinente análisis de costos.

#### **1.1.4 ALIMENTO ANIMAL**

El alimento es una sustancia que contribuye a asegurar en toda su etapa de vida del animal que la consume.

Por otra parte la técnica correcta de alimentar consiste en asociar las diferentes clases de alimentos que disponemos para integrar una ración capaz de cubrir las necesidades nutritivas de los animales, modo en el cuál el alimento integrado en el conjunto de una ración, asegura el desarrollo de la vida del animal.

#### **1.1.5 EL ALIMENTO BALANCEADO**

En general los alimentos balanceados para animales requieren de dos componentes: la macromezcla y la micromezcla. La primera está formada por productos de la agricultura y la agroindustria, los cuales se encuentran clasificados en fuentes de energía (cereales forrajeros)<sup>1</sup> y de proteína (oleaginosas)<sup>2</sup>. A la mezcla básica obtenida se le adicionan medicinas, vitaminas, minerales y colorantes (micromezcla). Es bueno entender que tanto la cantidad como la composición son muy importantes para alcanzar la máxima productividad, por lo tanto se necesitan que la nutrición, el balance y control sean adecuados de parte del agricultor en cuanto a lo que el pollo ha de ingerir.

---

<sup>1</sup> <https://www.dnp.gov.co/portals/0/archivos/documentos/dde/concentrados.pdf>.

<sup>2</sup> <https://www.dnp.gov.co/portals/0/archivos/documentos/dde/concentrados.pdf>.

Al momento la producción de alimentos para animales es realizada en 75% por un grupo de compañías que le venden a terceros las cuales se denominan empresas de marca comercial; el 25% restante lo aportan los mezcladores, personas que fabrican los concentrados para alimentar a sus animales como los avicultores.

### **1.1.6 NUTRIENTES**

Un nutriente es un elemento constitutivo de las sustancias alimenticias, ya sean de procedencia vegetal o animal, que ayuda a mantener la vida. Puede ser un elemento simple como el hierro o el cobre, puede ser un compuesto químico complicado como el almidón o la proteína, compuesto de muchas unidades diferentes.

Se sabe que unos 100 nutrientes diferentes tienen valor en las raciones del ganado y de las aves de corral. Muchos son necesarios individualmente para el metabolismo corporal, crecimiento y reproducción; otros pueden no ser esenciales o se sustituyen por nutrientes. No existen dos tipos de alimentos que contengan los nutrientes en la misma proporción.

La clasificación de los nutrientes según su origen: Orgánicos (Carbohidratos, Grasas, Proteínas,) e Inorgánicos (Agua, Sales minerales, vitaminas). Según su misión principal: Energéticos (carbohidratos y lípidos); Plásticos y energéticos (proteínas); Plásticos y biorreguladores (macro elementos minerales) y biorreguladores (micro elementos minerales, vitaminas y antibióticos).

### **1.1.7 POLLOS PARRILLEROS**

En la industria del pollo parrillero o también llamado pollo para asadero tiene que cumplir con ciertos estándares de calidad, entre las principales características que debe presentar son las siguientes: buena convertibilidad de alimento consumido, precocidad en el desarrollo y en las plumas, masa cárnica

bien desarrollada, pecho largo y músculos amplios, buen vigor y piel con un crecimiento parejo.

Es considerado pollo de asadero el que tiene una edad inferior a las ocho semanas, de carne tierna, piel suave y lisa, que al sacrificarse (desplumado y eviscerado) presente un peso que fluctúe entre 1400g y 1800g.

## 1.1.8 REQUISITOS DE NUTRICIÓN

### 1.1.8.1 Energía

Las aves necesitan de la energía medida en calorías, para moverse, comer, digerir, crecer, mantener la temperatura adecuada. Los pollos obtienen la energía de:

**Carbohidratos:** Los granos, raíces, tubérculos y otros alimentos que contengan almidón y azúcares son la fuente principal de energía en las raciones mejor balanceadas.

Cuando el pollo come alimento que contenga almidón, las moléculas grandes e insolubles se convierten en glucosa (azúcar). Este proceso conocido como la digestión es posible debido a la acción de las enzimas digestivas que se pasan al intestino en forma de secreciones. Una vez formada la glucosa se absorbe a través de la pared intestinal hasta la sangre y hasta las células del cuerpo. Los carbohidratos se pueden dividir en dos categorías:

**Extractos sin nitrógeno.-** Estos se pueden digerir bien para formar la glucosa, material muy rico en energía (almidón).

**Fibra cruda.-** la celulosa y otros materiales difíciles de digerir: alfalfa, alcandía, breo, avenas. Se debe considerar el contenido de fibra de los ingredientes del alimento en relación a la formulación. Usted debe evitar el exceso de fibra.

Si la dieta contiene demasiada fibra, el pollo no podrá comer suficiente alimento para llenar sus necesidades de energía, proteína, etc. El breo de arroz es un ingrediente bueno y de bajo costo pero que a menudo contiene un alto contenido de fibra. En cuanto sea posible el alimento mezclado no debe contener más de un cinco a siete por ciento de fibra.

**Grasas.**- Contienen más del doble del valor de energía de los carbohidratos. Por lo regular las grasas son demasiado caras para utilizarse con los alimentos de las aves debido a la demanda para consumo humano. Además las grasas se descomponen rápidamente dañando el alimento.

Mientras más grasas haya en el alimento, menos tiempo se puede almacenar sin que se dañe. Al alimento dañado debido a las grasas se le llama rancio. Algunos alimentos que contienen grasas son harina de pescado y la harina de cacahuete.

Los pollos no usan toda la energía que se comen. La energía que se puede usar se llama energía metabolizable (EM). El resto de la energía se desecha en las heces fecales.

Los requisitos específicos de energía de los pollos depende de la edad, el nivel de producción y las condiciones ambientales, al igual que de otros factores. En la Tabla 1.1 se describen los requisitos de energía para las diferentes edades de pollos.

**Tabla 1.1** Energía Metabolizable (EM)

<b>Nutrientes</b>	<b>Iniciador</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Retiro</b>
Edad en días	0-21	22-35	36-sacrificio
Proteína cruda %	23	20	28.5
Energía Metabolizable kcal/kg	3100	3200	3200

Fuente: AGRODISA, Manual de Manejo de pollos de Engorde (2003).

**Proteínas.-** Las proteínas consisten de varias combinaciones de aminoácidos. Los aminoácidos son esenciales para el desarrollo de los tejidos y para las funciones corporales. Los pollos no pueden crear los aminoácidos esenciales. Las fuentes proteínicas de alta calidad contienen las mayores cantidades de aminoácidos esenciales. Las fuentes que son bajas en aminoácidos esenciales también son bajas en calidad proteínica. El alimento mezclado puede tener deficiencias en estos cinco aminoácidos detallados en la Tabla 1.2, aún si el contenido proteínico total del alimento es adecuado.

Entre éstos, los más importantes son los requisitos de lisina, metionina y cistina. De seguro, todos los demás requisitos de aminoácido se encontrarán en el alimento que tenga suficiente de estos tres. Para lograr los requisitos mínimos de estos aminoácidos usted quizás necesitará por lo menos una fuente de proteína animal.

**Tabla 1.2** Relación Sugerida de Aminoácidos Energía Metabolizable (EM)

<b>Relación Sugerida de Aminoácidos</b>			
	Iniciador	Crecimiento	Finalizador <sup>2</sup>
Arginina	0.42	0.38	0.3
Lisina	0.39	0.34	0.28
Metionina	0.18	0.17	0.13
AA Azufrados Totales	0.29	0.28	0.23
Triptófano	0.07	0.065	0.06
Histidina	0.12	0.11	0.10
Leucina	0.40	0.38	0.33
Isoleucina	0.25	0.23	0.20
Fenilalanina & Tirosina	0.46	0.38	0.32
Treonina	0.25	0.24	0.22
Valina	0.29	0.25	0.22
Glicina-Cerina	0.45	0.35	0.30

Fuente: AGRODISA, Manual de Manejo de pollos de Engorde (2003).

**Vitaminas.-** Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en cantidades extremadamente pequeñas pero esenciales para el normal crecimiento y la productividad. En la Tabla 1.3 se muestra los requerimientos de vitaminas para pollos parrilleros.

**Tabla 1.3** Requerimientos de Vitaminas para Pollos Estándar

<b>Requerimientos Vitamínicos</b>			
Vitaminas	Iniciador	Crecimiento	Finalizador <sup>2</sup>
Vitamina A (U.I)	9000	9000	9000
Vitamina D <sub>3</sub> (U.I)	3300	3300	3300
Vitamina E (U.I)	30.0	30.0	30.0
Vitamina K como K <sub>3</sub> (mg.)	2.2	2.2	1.65
Tiamina (mg.)	2.2	2.2	1.65
Riboflavina (mg.)	8.0	8.0	6.0
Ácido Pantoténico (mg.)	12.0	12.0	9.0
Niacina (mg.)	66.0	66.0	50.0
Piridoxina (mg.)	4.4	4.4	3.0
Ácido Fólico (mg.)	1.0	1.0	0.75
Colina (mg.)	550	550	440
Vitamina B <sub>12</sub> (mg.)	0.022	0.022	0.015
Biotina (mg.)	0.20	0.20	0.15

Fuente: AGRODISA, Manual de Manejo de pollos de Engorde (2003).

**Minerales.-** Los minerales son elementos básicos cuyo uso es necesario para muchas funciones vitales. No todos los minerales necesarios se podrán hallar en un alimento bien balanceado. Por lo tanto, se añadirán suplementos minerales.

**Sal.-** Se añadirá a la mezcla de alimento a menos que se incluya la harina de pescado con un contenido muy alto en sal.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La necesidad surge del sector de los pequeños y medianos productores avícolas los cuales necesitan preparar sus propios alimentos balanceados para evitar así a la intervención de terceros en la comercialización del producto.

Por lo que se requiere diseñar una máquina que permita obtener dicho alimento que debe cumplir los requerimientos para la crianza de sus pollos, de tal manera que su producto llegue en la mejor calidad y en menor tiempo de crianza a los mercados locales donde son comercializados.

En la actualidad no existen en el mercado nacional máquinas mezcladoras de balanceado con una capacidad de 1000kg/h que sean económicamente accesibles y de fácil operación para su puesta en marcha.

## **1.3 NECESIDADES DE LA MICROEMPRESA**

El estudio de mercado se realiza para obtener información de los requerimientos de la máquina mezcladora de balanceado. El método de investigación que se utiliza es la encuesta la misma que se realiza a los pequeños y medianos avicultores.

Mediante estas encuestas se simplifica el análisis de las necesidades del mercado y permite desarrollar un análisis estadístico para obtener las mejores conclusiones.

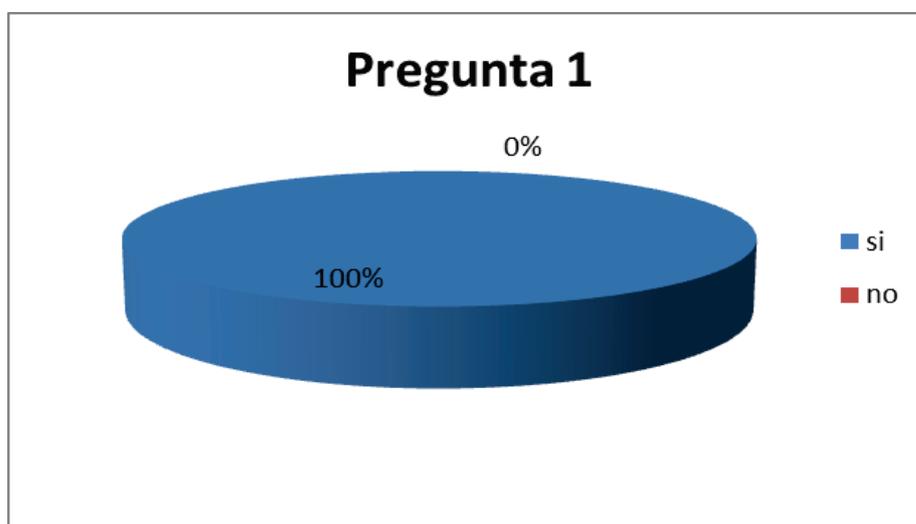
## **1.4 ENCUESTAS REALIZADAS**

En el ANEXO 1 se presenta el modelo de la encuesta aplicada.

### 1.4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS REALIZADAS.

**Pregunta 1.-** ¿Utiliza Ud. Alimento balanceado para alimentar sus pollos parrilleros?

De las personas que han sido encuestadas, el 100% utiliza alimento balanceado para alimentar sus pollos. Ver Figura 1.1.

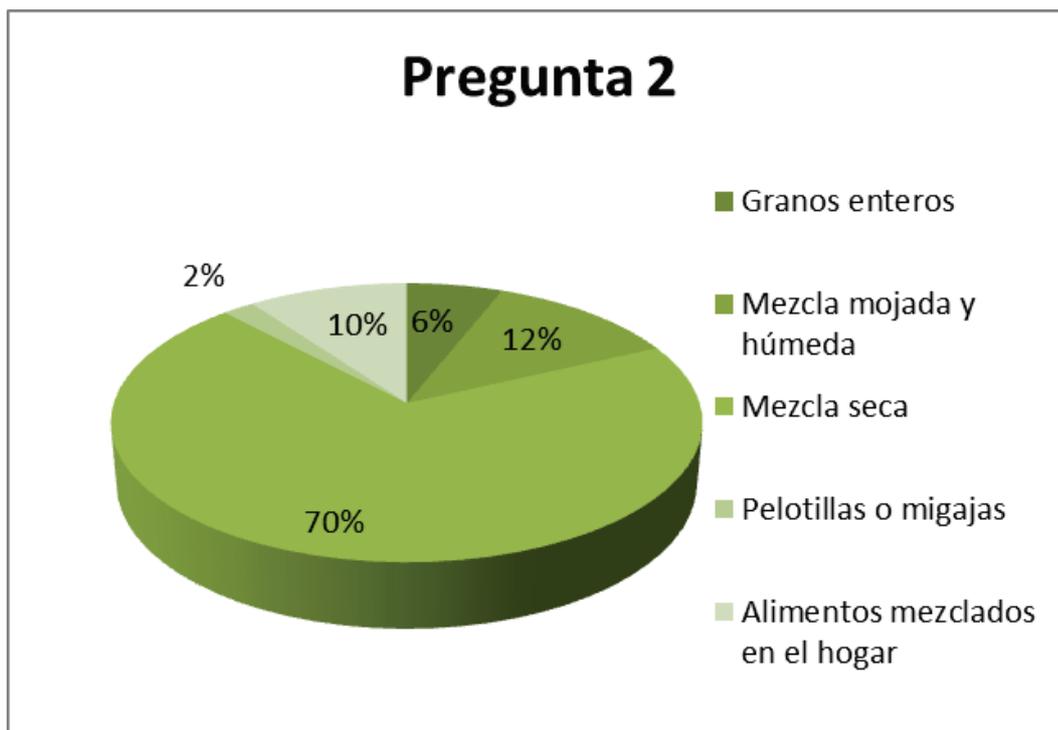


**Figura 1.1** - Porcentaje pregunta 1.

**Pregunta 2.-** ¿Del siguiente listado de tipos de alimentos que ofrece el mercado marque cuales de los que existen en el mercado ayudan al crecimiento precoz del pollo parrillero?

En esta pregunta 35 personas adquieren alimento balanceado seco, ya que en su mercado es el más fácil de adquirir.

El inconveniente que se les presenta es que este alimento balanceado no es el más económico del mercado. Ver Figura 1.2.

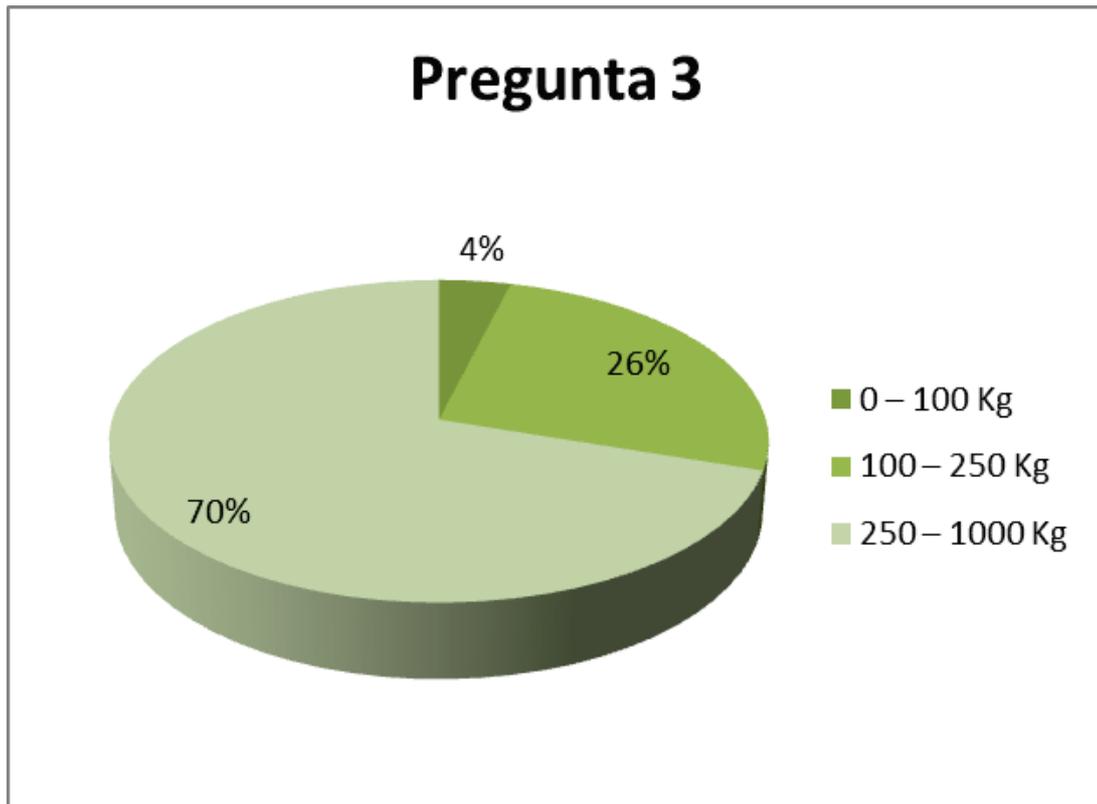


**Figura 1.2** - Porcentaje pregunta 2.

**Pregunta 3.-** ¿Qué cantidad de balanceado necesitan los pequeños y medianos productores?

Se grafica el número de repuestas que tiene cada una de las opciones. Ver Figura 1.3.

Cantidad [Kg]	# Respuestas
0 – 100 Kg	2
100 – 250 Kg	13
250 – 1000 Kg	35

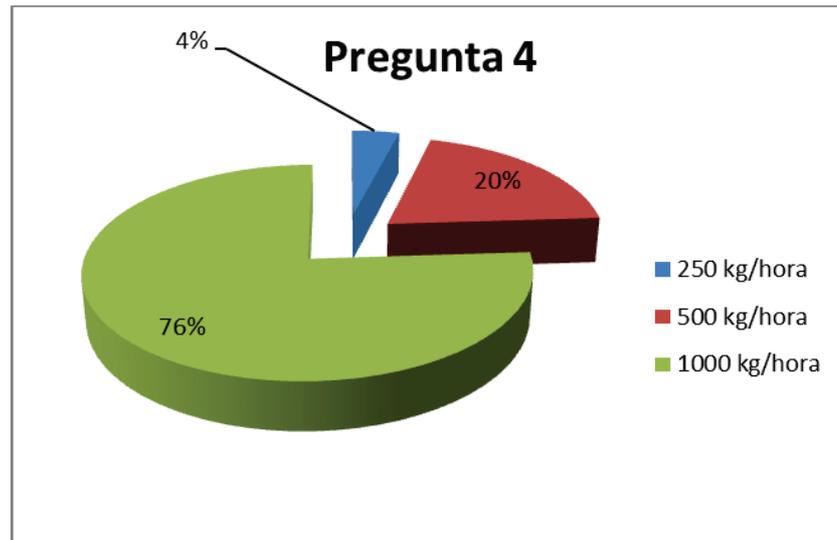


**Figura 1.3** - Porcentaje pregunta 3.

**Pregunta 4.-** ¿Cuál desearía que fuese la capacidad de la máquina mezcladora de balanceado?

En esta pregunta 40 personas se inclinaron por 1000 kg<sub>alimento</sub>/hora. Esto se realizó en base al tiempo que este proceso le va a representar en el proceso de la mezcla de balanceado propiamente dicho. Ver Figura 1.4

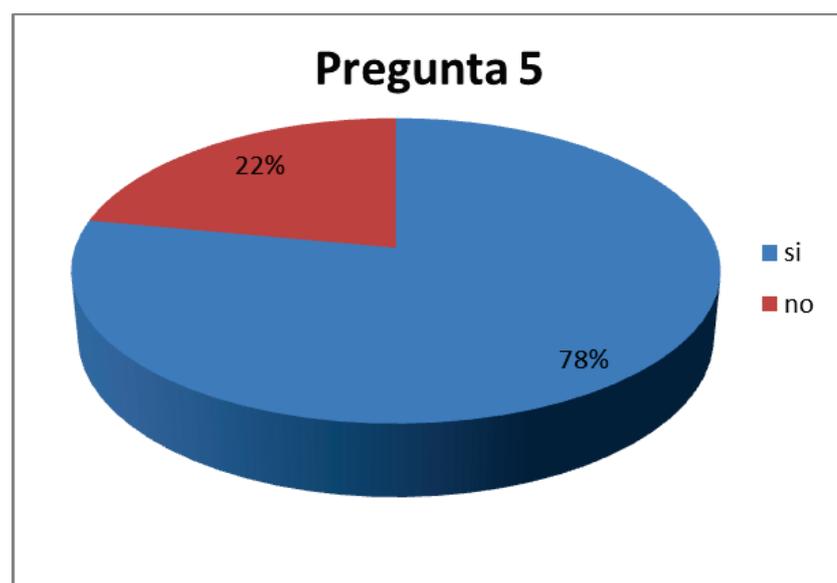
Capacidad en Kg <sub>alimento</sub> /hora.	# Respuesta
250 kg/hora	2
500 kg/hora	8
1000 kg/hora	40



**Figura 1.4** - Porcentaje pregunta 4.

**Pregunta 5.-** ¿Usted estaría dispuesto a adquirir una máquina mezcladora de balanceado?

De las personas encuestadas, 37 estarían dispuestos a adquirir una máquina mezcladora de alimento balanceado que sea económicamente accesible; además en la zona no existe lugares donde se pueda obtener este proceso si así se lo requiera, así que deben resignarse con la formulación que les vende su proveedor de alimento. Ver Figura 1.5.



**Figura 1.5** - Porcentaje pregunta 5.

## **1.5 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Se considera los resultados de las encuestas y algunos factores dentro de los parámetros de diseño que son parte fundamental para el diseño y construcción del prototipo de la máquina mezcladora de balanceado:

- La cantidad de alimento a ser mezclado.
- Las dimensiones del cilindro para que abarque 1000 Kg de alimento en su interior.
- La máquina debe mezclar la cantidad de 1000 Kg por hora.
- La descarga debe ser lo más fácil posible pues intentan minimizar el tiempo de mezclado.

## **1.6 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES**

El diseño adecuado debe satisfacer los siguientes requerimientos funcionales:

- La máquina debe ser capaz de manera continua y entregar alimento mezclado con continuidad.
- La máquina debe ser de fácil operación para involucrar un mínimo de personas para su operación.
- Al ser diseñada para el sector de la pequeña industria, la máquina debe ser de fácil transportación, montaje, desmontaje y mantenimiento.
- La máquina puede operar en cualquier sector del país puesto que los insumos que se utiliza en la gran mayoría son secos.

## **CAPITULO II**

### **2.1 MEZCLADORAS DE ALIMENTOS BALANCEADOS**

Una mezcladora de alimento es una máquina que permite producir una mezcla uniforme de ingredientes importantes necesarios.

Los diferentes procesos de mezclado persiguen esta finalidad por medios mecánicos.

#### **2.1.1 MEZCLADO**

Uno de los pasos más importantes en la elaboración de un alimento es el mezclado. De hecho el objetivo de una mezcladora de alimentos balanceados es el producir una mezcla uniforme de ingredientes que asegure que los animales que consumen este alimento reciban las cantidades correctas de cada nutriente.

El mezclado del alimento ocurre cuando las partículas de un ingrediente se mueven permitiendo que las partículas de otro ocupen sus lugares, por esta razón las mezcladoras que promueven un máximo movimiento de partículas efectuarán un mezclado más rápido y eficiente.

Cada ingrediente, posee propiedades que afectan su capacidad para ser mezclado; entre estas podemos mencionar tamaño de partícula, densidad, forma y características de superficie, higroscopicidad, adhesividad y susceptibilidad a cargas electrostáticas.

El tamaño de la partícula es el factor que más influye sobre el mezclado uniforme del alimento.

## 2.2 TIPOS DE MEZCLAS BALANCEADOS PARA POLLOS PARRILLEROS

Excepto en algunas áreas remotas, los agricultores quizás usarán alimentos comerciales. Por lo regular, el alimento comercial se conseguirá en forma de mezcla seca llamada "mash". Sean mezclados localmente o comercialmente, los alimentos deben llenar las necesidades proteínicas de los pollitos, de los pollos que están creciendo (etapa entre pollitos y adultos), los pollos para asar.

Lo que distingue cuál alimento ha de darse a las diferentes edades y tipos de pollo es el contenido proteínico. Los alimentos comerciales se venden con las siguientes designaciones:

- **Mezcla para pollos bebés.**- El alimento para ser suministrado a pollitos BB desde el primer día hasta los 21 días de edad., esta mezcla contiene un 22 por ciento aproximadamente de proteína. En la Tabla 2.1 se puede observar la mezcla recomendada para pollos bebés.

**Tabla 2.1** Mezcla recomendada para pollo bebés.

Contiene	Ingredientes
Proteína (Min.) .....22.0 %	Cereales, Tortas Oleaginosas, Proteínas de Origen Animal, Subproductos de Molinería, Aminoácidos Sintéticos, Macro y Micro Minerales, Vitaminas, Antioxidante, Grasa de Origen Animal o Vegetal.
Humedad (Min.).....12.5 %	
Grasa (Min.) .....5.0 %	
Fibra (Máx.) .....3.0 %	
E.L.N (Min.) ..... 50.0 %	

Fuente: Church, D.C. y Pond, W.G. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. (1992).

- **Mezcla para pollos en crecimiento.**- Alimento Balanceado para ser suministrado a pollos desde los 21 a los 30 días de edad. En la Tabla 2.2 se muestra la mezcla recomendada para pollos en crecimiento.

**Tabla 2.2** Mezcla recomendada para pollo en crecimiento.

Contiene	Ingredientes
Proteína (Min) .....20.0 %	Cereales, Tortas Oleaginosas, Proteínas de Origen Animal, Subproductos de Molinería, Aminoácidos Sintéticos, Macro y Micro Minerales, Vitaminas, Antioxidante, Grasa de Origen Animal o Vegetal, Anticoccidial.
Humedad (Min).....12.5 %	
Grasa (Min) .....6.0 %	
Fibra (Máx) .....3.0 %	
E.L.N (Min) .....50.0 %	

Fuente: Church, D.C. y Pond, W.G. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. (1992).

• **Mezcla para pollos adultos.**- Es un alimento de alto contenido energético, para ser usado como alternativa en lugar de alimento pollo engorde y obtener mayor velocidad de ganancia de peso desde 30 hasta el mercado. En la Tabla 2.3 se muestra la mezcla recomendada para pollos adultos.

**Tabla 2.3** Mezcla recomendada para pollos adultos.

Contiene	Ingredientes
Proteína (Min) .....18.0 %	Cereales, Tortas Oleaginosas, Proteínas de Origen Animal, Subproductos de Molinería, Aminoácidos Sintéticos, Macro y Micro Minerales, Vitaminas, Antioxidante, Grasa de Origen Animal o Vegetal, Anticoccidial.
Humedad (Min).....12.5 %	
Grasa (Min) .....9.5 %	
Fibra (Máx) .....4.0 %	
E.L.N (Min) .....50.0 %	

Fuente: Church, D.C. y Pond, W.G. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. (1992).

## 2.3 MÁQUINAS UTILIZADAS PARA LA PREPARACION DE ALIMENTOS BALANCEADOS

Existen tres tipos básicos de mezcladoras:

- Verticales
- Horizontales
- De tambor o tómbola

### 2.3.1 MEZCLADORAS VERTICALES

En algunos lugares y en otros países son muy populares debido, principalmente, a su bajo costo y a las facilidades de poder adaptarse a equipos móviles de alimentación. En las mezcladoras verticales solo un pequeño porcentaje (10%) de alimento es movido al mismo tiempo, lo cual beneficia al proceso de mezclado. La mayoría del mezclado se lleva a cabo mediante la recirculación de los ingredientes a través de un tubo elevador central y un gusano ó hélice helicoidal (ver Figura 2.1.).

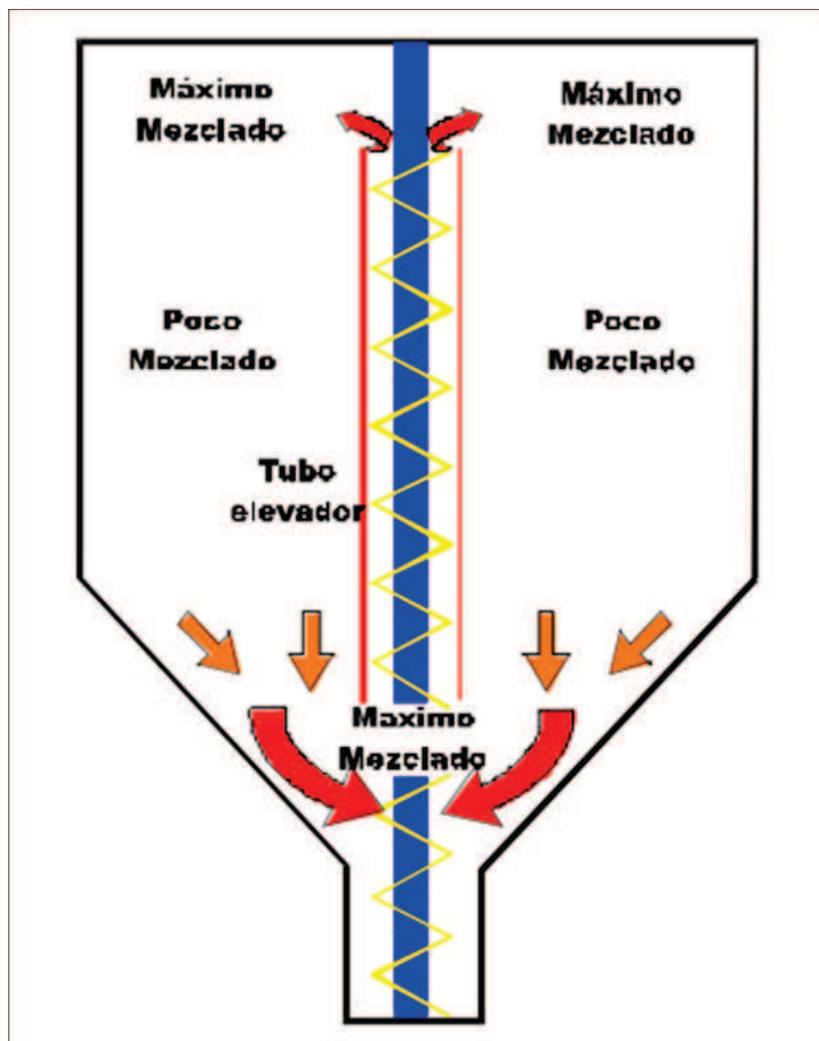


Figura 2.1 - Patrón de mezclado en Mezcladoras Verticales

### **2.3.1.1 Problemas comunes en las mezcladoras verticales.**

Probablemente el problema más común es el sobrellenado y como regla general la mezcladora nunca debe llenarse por encima del nivel del tubo elevador del alimento; deben de existir cuando menos 20 a 30 cm entre el borde del tubo elevador y la superficie del alimento en la cámara de mezclado.

El desgaste del gusano elevador reduce la capacidad de mezcla, el espacio normal entre el gusano y la pared del tubo elevador debe ser de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{3}{8}$  de pulgada; si el espacio es mayor de  $\frac{1}{2}$  pulgada se incrementa el tiempo de mezclado en 5 minutos, y cuando el espacio exceda a 1 pulgada debe remplazarse el gusano. En cuanto a las revoluciones por minuto las mezcladoras verticales deben operar entre el rango de 200 a 300 RPM.

### **2.3.1.2 Orden de llenado en las mezcladoras verticales.**

El orden de llenado es muy importante y debe asegurarse que los microingredientes y premezclas se agregan a la mitad de la adición de los ingredientes mayores para asegurar que sean completamente llevados a la cámara de mezclado. Cada productor de balanceado tiene su propio criterio de orden de llenado según su experiencia, pero generalmente se la realiza en la forma antes mencionada.

## **2.3.2 MEZCLADORA HORIZONTAL**

Este tipo de equipo puede producir una mezcla homogénea en 2 a 4 minutos. En este tipo de mezcladoras prácticamente el 100% de las partículas están en movimiento.

La mayoría de las mezcladoras horizontales son estacionarias, pero es posible hacerlas portátiles; por lo general, son más caras que las mezcladoras verticales debido a que sus componentes deben ser más resistentes. Tienen la ventaja de que su desgaste es relativamente lento en comparación con las

verticales. En las Figuras 2.2. y 2.3. se muestra el patrón de mezclado de mezcladoras horizontales.

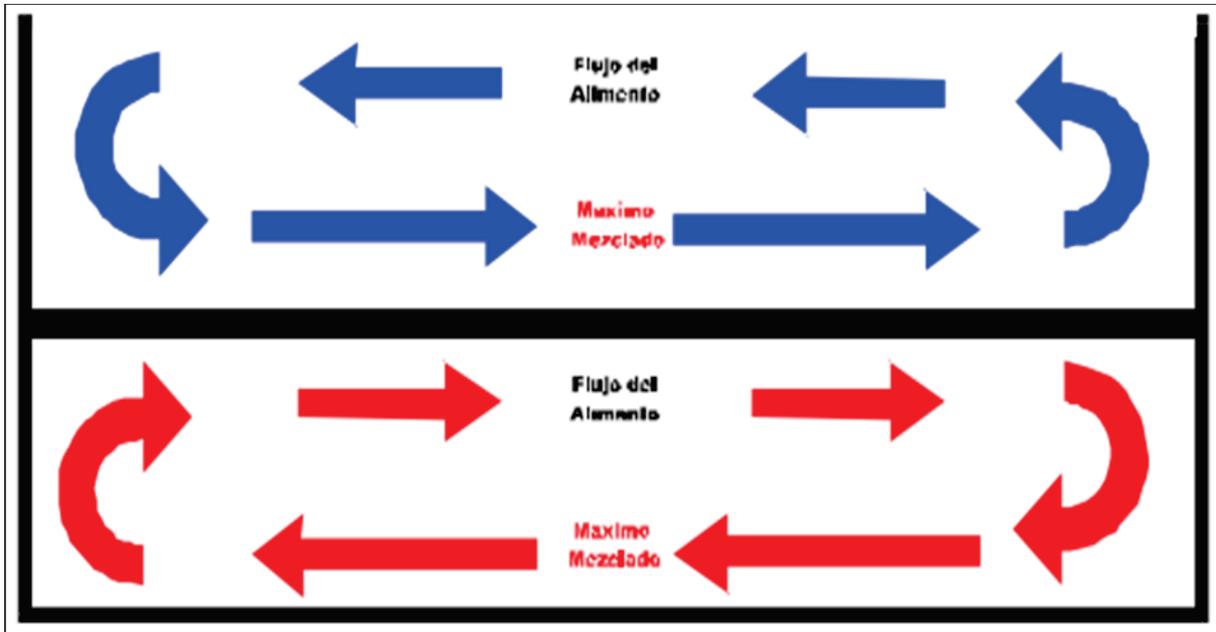


Figura 2.2 Patrón de mezclado en mezcladoras horizontales de listones.

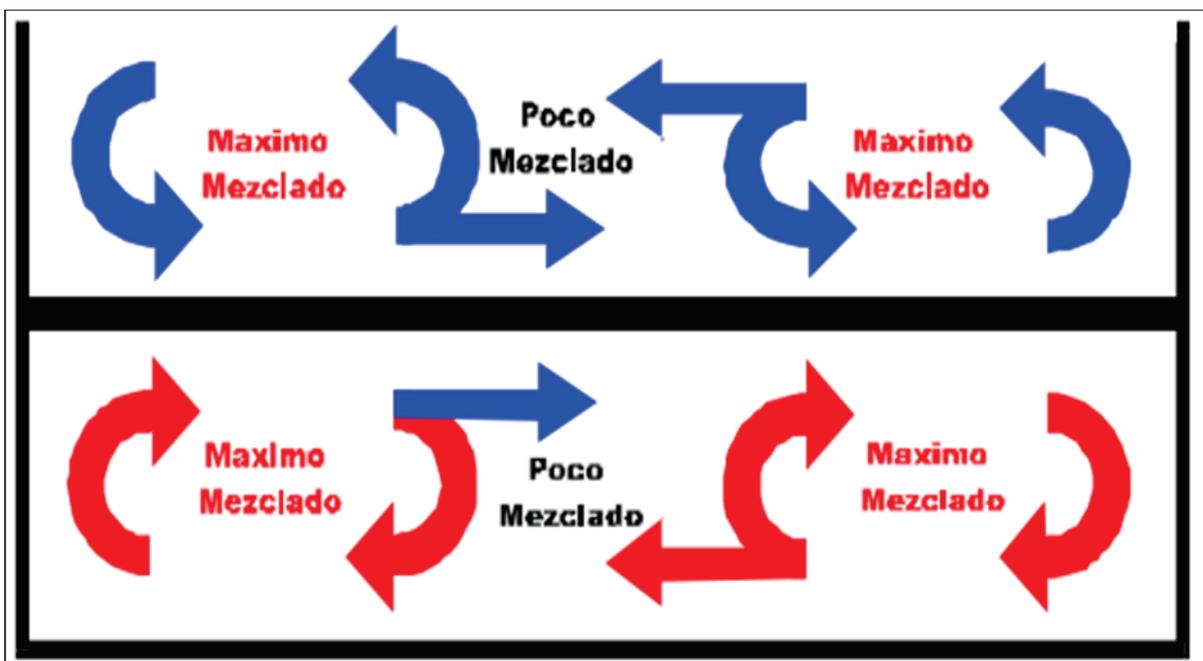


Figura 2.3 Patrón de mezclado en mezcladoras horizontales de listones.

### **2.3.2.1 Problemas comunes en las mezcladoras Horizontales.**

La falta de llenado de este tipo de mezcladoras dificulta su acción por lo que debe llenarse cuando menos a un tercio de su capacidad para obtener un mezclado adecuado.

El sobrellenado es, quizá, más común y también puede afectar el mezclado; cuando se utilizan ingredientes de baja densidad como el salvado, debe reducirse la cantidad mezclada para evitar el sobrellenado.

Por lo general las paletas o listones deben estar expuestos ligeramente entre 5 a 10cm sobre la superficie del alimento. Otro factor que debe de vigilarse que se cumpla es el número de revoluciones por minuto, en este tipo de mezcladora se consideran adecuadas de 30 a 40 r.p.m. y un número menor retarda el proceso de mezclado.

El desgaste de los listones o paletas también afecta el mezclado y puede contribuir a los problemas de segregación. Los espacios entre listones o paletas y la pared de la mezcladora no deben ser mayores a  $\frac{1}{4}$  de pulgada. Si el espacio es demasiado grande para ser ajustado, los listones o paletas deben ser reconstruidos o remplazados.

### **2.3.2.1 Orden de llenado en las mezcladoras Horizontales.**

El orden para la carga de una mezcladora debe ser el siguiente, primero se debe añadir los ingredientes mayores (granos, pastas), al igual que en las verticales se debe agregar los ingredientes menores (minerales y premezclas) luego se añaden los aditivos (antibióticos, promotores, etc.), al final irían los líquidos (grasas, melazas, etc.).

Los líquidos no deben adicionarse hasta que se haya permitido una mezcla adecuada de los ingredientes secos; la adición de líquidos retarda el proceso de mezclado.

### 2.3.3 MEZCLADORAS DE TAMBOR

En este tipo de mezcladoras, el alimento se mezcla de la misma forma que las revolventoras de concreto en teoría, pueden efectuar un buen mezclado cuando se les llena a la capacidad recomendada y se le da un tiempo adecuado de mezclado. Sin embargo, puede haber algunos problemas de atascamiento cuando se adicionan líquidos pegajosos (aceite o melaza). Aunque el uso de este tipo de equipos se ha incrementado recientemente, debido a principalmente, su bajo consumo de energía, actualmente existe poca información disponible respecto a la confiabilidad o capacidad de este tipo de mezcladoras para obtener una mezcla uniforme, en la Figura 2.4 se muestra el patrón de mezclado de una mezcladora de tambor.



**Figura 2.4.** Patrón de mezclado en mezcladoras de Tambor

### 2.3.4 CONTROL DE CALIDAD

Para asegurarse de la calidad del mezclado, es muy importante que se lleve a cabo periódicamente pruebas para determinar la eficiencia y tiempo óptimo de mezclado. Por otra parte el mantenimiento y revisión de la mezcladora son necesarios para asegurar un óptimo mezclado. Se debe señalar que han de realizarse pruebas de eficiencia de mezclado y tiempo óptimo de mezclado cada vez que se realicen reparaciones mayores a la mezcladora (listones o gusano, cadenas, bandas o engranes).

## **2.4 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

### **2.4.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo tiene como objetivo analizar y seleccionar la alternativa de diseño más adecuada para construir un prototipo apropiado para obtener alimento balanceado de buena calidad.

### **2.4.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y CRITERIO DE PONDERACIÓN**

Los factores principales que influyen en la selección de la alternativa más conveniente son:

- Aspecto económico.
- Facilidad de montaje y desmontaje.
- Facilidad de construcción.
- Facilidad de operación.
- Producto terminado.
- Mantenimiento.
- Versatilidad.

#### **2.4.2.1 Aspecto Económico**

El aspecto económico salvo pocas excepciones, es muy importante en el diseño, ya que de nada serviría la creación de proyectos grandes si en la práctica no se podrían realizar por su elevado costo. Para determinar el costo del prototipo son aspectos predominantes el número de piezas a construir y la manera de fabricarlas. Se pondera este factor con un valor de 7.

#### **2.4.2.2 Facilidad de Montaje y Desmontaje**

La facilidad de montaje y desmontaje es proporcional al número de piezas y a la dificultad en la elaboración de las mismas. Para la ponderación de este factor se designa un valor de 8 a la mejor alternativa.

#### **2.4.2.3 Facilidad de Construcción.**

La facilidad de construcción se refiere a las posibilidades de construir las partes de la máquina. Este parámetro está directamente relacionado con la disponibilidad de los materiales en el mercado y el tipo de máquinas herramientas que existen en el taller mecánico donde se construye. Se pondera este factor con un valor de 9.

#### **2.4.2.4 Facilidad de Operación.**

Es una cualidad de la máquina importante en la cual se debe tomar en cuenta a las personas que van a trabajar, es decir a los usuarios de la misma, en este caso se habla de operarios que no poseen un alto conocimiento sobre mecanismos o sistemas mecánicos. Se pondera este factor con un valor de 8.

#### **2.4.2.5 Producto Terminado**

Este parámetro es de gran importancia ya que la mayoría de representantes del sector avícola requieren un alimento que sea de buena calidad y que cumpla con las mismas características que los alimentos que se encuentran en el mercado actual. Se pondera este factor con un valor de 10.

#### **2.4.2.6 Mantenimiento**

Toda persona al adquirir un determinado equipo, artefacto, etc., se interesa en conocer cuál será el mantenimiento adecuado que se debe darle, cada qué tiempo tendrá que hacerlo y cuánto le significa económicamente. Estos justificados

razonamientos hacen que el mantenimiento de la máquina sea un parámetro de diseño a tomarse en cuenta. Se pondera este factor con un valor de 7.

#### **2.4.2.7 Versatilidad**

Se refiere a que el prototipo no solamente va a entregar un solo tipo de alimento balanceado, sino que éste puede variar con ciertos acoplamientos o remplazo de partes constitutivas de la máquina. Se pondera este factor con un valor de 8.

### **2.4.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

En el diseño se deben tomar en cuenta varias alternativas de solución para tener una mayor visión y comprensión de lo que se tiene que desarrollar, en este caso se analiza dos alternativas de solución expuestas a continuación.

#### **2.4.3.1 Alternativa A: Mezcladora Vertical**



**Figura 2.5 - Mezcladora Vertical**

La alternativa A propone un sistema que es accionado por medio de un motor eléctrico dispuesto en vertical, este proporciona el movimiento al eje central que porta un tirabuzón (gusano), mediante un sistema de poleas.

Esta transmisión se lleva a cabo por dos poleas que se colocan: una (conductora) en el eje motriz del motor y la otra (conducida) en el eje central porta gusano.

La alimentación de los ingredientes es por tolva y pasa a través del gusano para el proceso de mezclado para luego ser depositado en el contenedor más apropiado.

### **Ventajas**

- Se puede producir mayor cantidad de balanceado cambiando la potencia del motor.
- La operación del mezclado puede reducirse en tiempo hasta 10 min por carga de ingredientes.
- No requiere de mantenimiento permanente de sus partes.
- Permite obtener los diferentes tipos de balanceado, no solo para pollos parrilleros sino para aves en general.<sup>3</sup>

### **Desventajas**

- Se debe vigilar el número de revoluciones por minuto.
- El sistema de transmisión cuenta con dos poleas conductoras por lo existe pérdidas en la transmisión de potencia.
- Existe un poco de pérdida de la mezcla pues no se la puede recolectar en su totalidad.

---

<sup>3</sup> <http://www.cpbaurum.com/PDF/mez4b566.pdf>.

<sup>4</sup> <http://www.cpbaurum.com/PDF/mez4b566.pdf>.

### 2.4.3.2 Alternativa B: Mezcladora Horizontal

La alternativa B propone un sistema que es accionado por medio de un motor eléctrico dispuesto en horizontal, este proporciona el movimiento al eje central que porta una serie de listones o paletas, mediante un sistema de poleas.

Esta transmisión se lleva a cabo por dos poleas que se colocan: una (conductora) en el eje motriz del motor y la otra (conducida) en el eje central porta listones.

La alimentación de los ingredientes es por la parte superior donde se encuentra una tolva y los ingredientes caen directamente sobre los listones, para el proceso de mezclado para luego ser depositado en el contenedor más apropiado.



**Figura 2.6** - Patrón de mezclado en mezcladoras de Tambor

## **Ventajas**

- Está diseñada para obtener una mayor rapidez y homogeneidad en el mezclado.
- La solidez de los materiales empleados aseguran una duración prolongada del equipo.
- En este tipo de mezcladoras casi el 100 % de los ingredientes están en movimiento.
- No requiere mantenimiento permanente de sus partes.

## **Desventajas**

- Las mezcladoras horizontales por lo general son estacionarias.
- Para poder realizar la acción de mezclado ésta debe estar llena por lo menos a un tercio de su capacidad.
- Cuando se utilizan ingredientes de baja densidad, debe reducirse la cantidad a mezclarse para evitar el sobrellenado.
- Se debe vigilar el número de revoluciones por minuto.
- Para la carga de ingrediente se debe realizar la adecuación del área de trabajo puesto que la carga es superior.

## **2.5 SELECCION DE ALTERNATIVAS**

Para la selección de la alternativa más adecuada y que va a ser construida, se procede a calificar cada una de las alternativas planteadas, en base a los factores que influyen en la selección.

En la Tabla 2.4 se presenta la valoración de alternativas.

**Tabla 2.4** Valoración de las alternativas de diseño.

<b>PARÁMETROS DE COMPARACIÓN</b>	<b>ALTERNATIVA MODELO</b>	<b>ALTERNATIVA A</b>	<b>ALTERNATIVA B</b>
Facilidad de montaje y desmontaje	8	7	6
Facilidad de construcción	9	8	5
Facilidad de operación	8	7	6
Producto terminado	10	9	9
Mantenimiento	7	7	7
Versatilidad	8	7	7
Costo	7	6	5
Suma	57	51	45
Valores técnicos $x = z/z_i$	1	0.89	0.78

Fuente: PROPIA

Elaborado por: FERNÁNDEZ-QUINTERO

Dónde:

Z = Puntaje de las alternativas.

Z<sub>i</sub> = Puntaje de la alternativa modelo.

De lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta los resultados de la Tabla 2.4 se concluye que la mejor alternativa es la A, es decir el prototipo de una máquina mezcladora vertical.

## 2.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Una vez concluido el diseño de la mezcladora de balanceado, se procede a establecer el protocolo de pruebas a las cuales se debe someter el prototipo cuando ya esté construido para verificar la funcionalidad del mismo.

En el protocolo de pruebas se verifican los siguientes aspectos: control de las dimensiones, prueba de funcionamiento en vacío, prueba de funcionamiento con carga, capacidad y homogeneidad de la mezcla realizada.

Para realizar las siguientes pruebas se utiliza instrumentos de medida como el flexómetro, calibrador pie de rey, cronómetro, además de la inspección visual. En la Tabla 2.5 se detallan las pruebas a realizarse en la máquina.

El formato respectivo del protocolo de pruebas se presenta en el ANEXO 2.

**Tabla 2.5** Pruebas a realizarse.

<b>PRUEBA</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>INSTRUMENTO DE CONTROL</b>
Características físicas de los mecanismos	Realizar mediciones de cada componente de la mezcladora de balanceado, para verificar que cumplan las especificaciones y tolerancias establecidas en el diseño y no tener contratiempos en su ensamblaje.	Flexómetro, Calibrador pie de rey, micrómetro.
Funcionamiento de elementos principales	Verificar el funcionamiento de elementos tales como: motor eléctrico, inclinación de la tolva, tornillo sin fin; que por su importancia influye en el funcionamiento real del prototipo.	Inspección visual, escuadra, flexómetro.
Funcionamiento en vacío	Verificar cualquier falla en el ensamblaje de la mezcladora de balanceado en vacío es decir sin carga alguna; que impidan su normal funcionamiento.	Inspección visual y auditiva.
Funcionamiento con carga	Verificar la capacidad de producción de mezcladora de balanceado a plena carga estimando el tiempo en mezclar una cantidad adecuada de balanceado para prevenir problemas en el sistema transmisión de potencia.	Cronómetro y balanza.

## Pruebas a realizarse (continuación).

Mezcla	Verificar que en la mezcla no existan grumos.	Inspección visual.
Niveles de vibración y ruido	En caso de vibraciones se observa si las mismas son excesivas. El nivel de ruido se mide con un sonómetro.	Sonómetro, inspección visual, auditiva y de tacto

Fuente: PROPIA

Elaborado por: FERNÁNDEZ-QUINTERO

## CAPITULO III

### DISEÑO DE LA MEZCLADORA DE ALIMENTOS

En este capítulo para el diseño de la máquina mezcladora de balanceado se toma como referencia todo lo estudiado en la carrera de Ingeniería Mecánica.

#### 3.1 DESCRIPCION DE LOS PARÁMETROS DE LOS QUE PARTE EL DISEÑO.

El equipo a diseñar debe ser capaz de procesar 1000Kg por hora. Además se especifica que la carga a procesarse en cada ciclo no es de 1000Kg sino de media tonelada, lo cual da 30 minutos para cada carga.

Para efectos de dimensionamiento del equipo se debe tomar en cuenta un valor promedio de densidad de  $450\text{Kg/m}^3$ . Estos datos también sirven para el diseño del tornillo sin fin. Otro de los parámetros importantes para el diseño de este equipo es el espacio disponible para su instalación, en la Tabla 3.1 se muestra el espacio disponible.

**Tabla 3.1** Espacio Disponible.

Dimensión	Medida (m)
Largo	2
Ancho	2.5
Altura	3.8

Fuente: PROPIA

Elaborado por: FERNÁNDEZ-QUINTERO

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

Debido a que el diseño de la mezcladora es similar a la de una tolva de alimentación se parte de esta premisa para realizar los cálculos.

### **3.2 DISEÑO DE LA TOLVA**

A este dispositivo llegan los diferentes ingredientes y harinas, hasta completar la capacidad de 500 Kg. El diseño de la Carcaza, al ser su papel exclusivamente la contención de los sistemas de transmisión y la mezcla de balanceado, consiste en realizar el diseño simple.

El diseño de la tolva parte de varios parámetros que deben tomarse en cuenta. El primero de ellos es el tamaño de la carga que debe manejar ya que de esto dependen sus dimensiones finales, la carga viene especificada según su peso, es decir, en Kg. El segundo parámetro necesario es la densidad relativa promedio máxima de la carga que recibe el mezclador.

El tercer parámetro a considerar es el nivel hasta donde debe ser llenado el mezclador, El cuál es un parámetro más o menos fijo. El nivel llega hasta un 80% de la altura total del mezclador; esto garantiza un funcionamiento óptimo de la máquina de tal manera que evita el sobrellenado.

Anteriormente se menciona que se utiliza una densidad relativa promedio, lo cual deja abierta la posibilidad de variaciones en el nivel, sin embargo, estas variaciones serán pequeñas, lo suficiente como para no producir variaciones importantes del nivel del que se habla. Conocidos estos parámetros que se encuentran involucrados en el diseño de la tolva, es necesario dar estos valores para poder efectuar cálculos que ilustren con claridad el modelo propuesto. Dichos valores los presentamos en la Tabla 3.2.

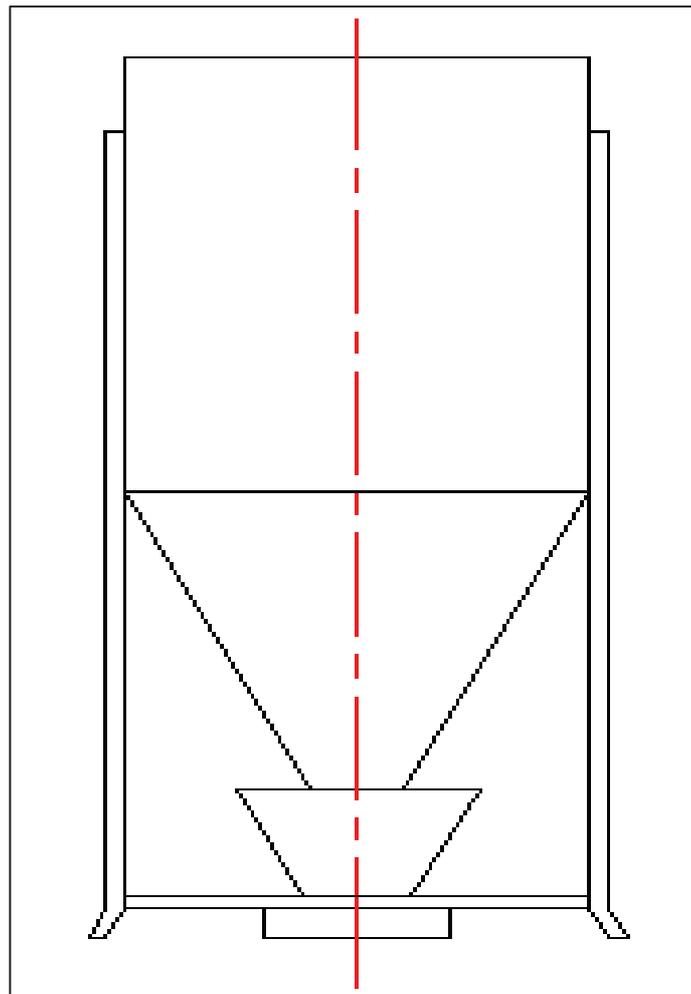
**Tabla 3.2** Parámetros para el diseño de la tolva.

Masa (Kg)	500
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	450
Nivel	80% de Altura total

Fuente: PROPIA

Elaborado por: FERNÁNDEZ-QUINTERO

En la Figura 3.1 se muestra el modelo de carcaza que va a ser el mandante principal para el diseño de toda la máquina.

**Figura 3.1** - Modelo de Carcaza.

Para escoger el diámetro más conveniente se utiliza una relación entre la altura y el diámetro de 2.4: 1.

$$v = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Dónde:

$m$  = masa.

$\rho$  = densidad relativa promedio máxima de la carga.

$v$  = volumen de carga.

Entonces se aplica la fórmula para calcular el volumen de la sección cilíndrica:

$$v_1 = \pi * h_1 * \frac{D_c^2}{4} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Dónde:

$h_1$  = altura de la sección cilíndrica.

$D_c$  = diámetro de la carcaza.

$v_1$  = volumen de carga de la sección cilíndrica.

Luego se procede con la fórmula para la sección cónica:

$$v_2 = \pi * \frac{h_2}{3} * \frac{d_i^2}{4} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Dónde:

$h_2$  = altura de la sección cónica.

$D_c$  = diámetro de la carcaza.

$v_2$  = volumen de carga de la sección cónica.

Utilizando la Ecuación (3.1), Ecuación (3.2) y Ecuación (3.3), y los datos de la Tabla 3.2, se obtiene el diámetro de la carcaza de la mezcladora.

$$1.8849 * D_c^3 - 0.4712 * D_c^2 = 1.1111$$

Donde se obtiene que:

$$D_c = 0.93 \text{ m.}$$

Por lo tanto, el diámetro para la construcción será de 1m por la facilidad de utilización de medidas enteras. Debido a la relación entre la altura y el diámetro de la carcasa, se tiene que la altura de llenado es:

$$h_{LL} = 2.232 \text{ m.}$$

Entonces para la altura de llenado utilizaremos la medida de 2.20 m. para la construcción de la máquina. Como mencionamos anteriormente la altura de llenado es el 80% de la altura de la tolva, de donde se obtiene la altura:

$$h_{LL} = 0.8 \cdot h_C$$

$$h_C = 2.75 \text{ m.}$$

En la Tabla 3.3 se muestra una serie de alturas para las diferentes secciones de la carcasa.

**Tabla 3.3** Alturas para las Secciones solicitadas.

$h_1$ Sección Cilíndrica [m]	$h_2$ Sección Cónica [m]
1.70	0.50
1.60	0.60
1.50	0.70
1.40	0.80
1.20	1
1	1.20

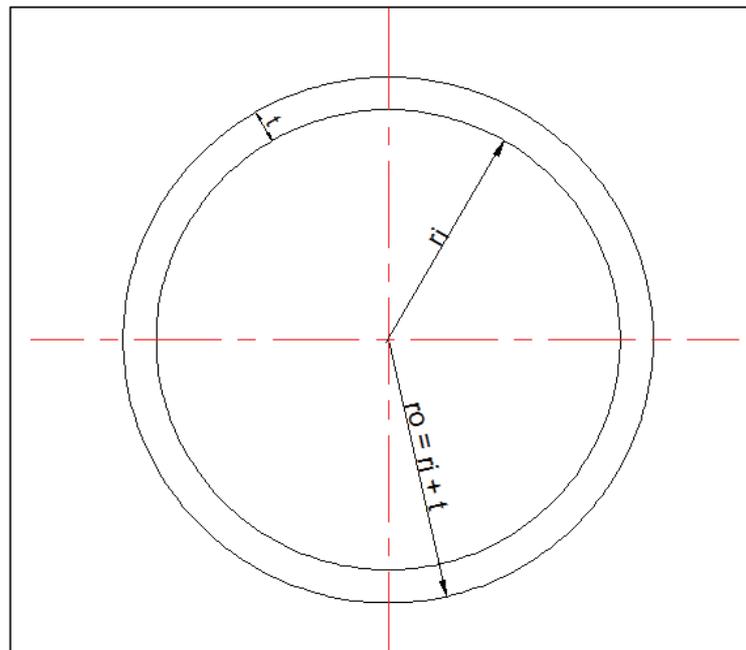
Fuente: PROPIA

Elaborado por: FERNÁNDEZ-QUINTERO

De la tabla 3.3 se toma en cuenta para la construcción las dimensiones para  $h_1 = 1.20$  m y para  $h_2 = 1$  m. respectivamente.

Para el cálculo del grosor de placa de la tolva o carcaza se hace uso de la teoría de esfuerzos en cilindros de paredes delgadas. Esta teoría solo sirve en casos en los que la relación radio sobre grosor sea mayor a 20, lo cual si está sucediendo en este caso.

Considerando que la mezcla de harina se comporta como un fluido y que por lo tanto ejerce presión hidrostática sobre las paredes del mezclador. En la Figura 3.2 se muestra la grafica de cilindro de paredes delgadas que sirve para obtener el espesor de la chapa con la que será construida la máquina.



**Figura 3.2** Cilindro de Paredes Delgadas.

Como se ha explicado sólo existe presión interna, por lo que según la teoría de esfuerzos en cilindros, los 3 esfuerzos que resultan son el esfuerzo radial:

$$\sigma_r = 0 \quad \text{Ec. (3.4)}$$

el esfuerzo tangencial:

$$\sigma_t = \frac{p_i(d_i+t)}{2*t} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

el esfuerzo longitudinal:

$$\sigma_l = \frac{p_i*d_i}{4*t} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

y la presión interna:

$$p_i = \rho * g * r_i \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Dónde:

$p_i$  = presión interna.

$\rho$  = densidad relativa promedio máxima de la carga.

$g$  = aceleración de la gravedad.

$r_i$  = radio interno de la carcaza.

$$\rho = 450 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$g = 10 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$r_i = 0.5[m]$$

$$p_i = 450 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right] * 10 \left[ \frac{m}{s^2} \right] * 0.5[m]$$

$$p_i = 2250 \left[ \frac{Kg}{m * s^2} \right]$$

$$p_i = 2.250[KPa]$$

Ahora el esfuerzo cortante máximo viene dado por la fórmula:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{S_{Sy}}{\eta} \quad \text{Ec. (3.8)}^5$$

---

<sup>5</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 6; 3ª edición, ecuación 6-6 ; pág. 247.

Dónde:

$S_{S_y}$  = resistencia de fluencia al corte.

$\eta$  = factor de seguridad.

Para el diseño de la carcaza se toma un factor de seguridad de 4 debido a que la máquina debe ser lo suficientemente robusta para que el operario tenga la seguridad al momento de realizar la mezcla. Ver ANEXO 3.

$$S_{S_y} = 0.5 * S_y \quad \text{Ec. (3.9)}^6$$

$$S_y = 310 \text{ [MPa]}$$

Entonces:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{310 \text{ [MPa]}}{8}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 38.75 \text{ [MPa]}$$

Dónde:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_t - \sigma_l}{2}$$

Para obtener el espesor de la placa de la tolva o carcaza se utiliza la Ecuación (3.5), Ecuación (3.6) y la Ecuación (3.9).

$$2 * \tau_{m\acute{a}x} = \frac{p_i * (D_c + t)}{2 * t} - \frac{p_i * D_c}{4 * t}$$

Por lo tanto:

$$t = 0.00725 \text{ [mm]}$$

---

<sup>6</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 6; 3ª edición, ecuación 6-7 ; pág. 247.

En el mercado existen chapas desde 0.5 [mm], como se puede apreciar en el ANEXO 4. Para el diseño se escoge la placa de espesor de 2 [mm], debido a que su comercialización es mayor en el mercado ecuatoriano y permite dar mayor esbeltez a la máquina.

### **3.3 DISEÑO DEL TORNILLO SIN FIN DE HÉLICE HELICOIDAL.**

Para realizar el dimensionamiento y estimar la potencia necesaria de accionamiento para el transportador se va a seguir la norma UNE 58-244-88 “Aparatos de manutención continua para gránulos. Transportadores de tornillo sin fin. Reglas para el diseño de los accionamientos”.

La dimensión principal a elegir y la más determinante a efectos de cálculos posteriores es el diámetro del canal de transporte. Que supone conocer la sección de trabajo del transportador. Haciendo una primera estimación y tras observaciones en diversas instalaciones se considera que dicho diámetro oscilará entre 150 y 350 mm.

Según la norma UNE 58-207-89 “transportadores de tornillos sin fin” dicha dimensión corresponde a alguno de los siguientes valores normalizados de la serie R-10: 200 mm, 250 mm, 315 mm.

El caudal necesario por el transportador para el funcionamiento óptimo según la capacidad prevista es de 1000 Kg/h, lo que supone, según una densidad aproximada de 450 Kg/m<sup>3</sup>, un flujo de 2.22 m<sup>3</sup>/h.

Según lo expuesto anteriormente se tiene:

$Q_v$  = Caudal o volumen transportado, 2.22 m<sup>3</sup>/h.

$\varphi$  = Coeficiente de llenado. Se considera un valor del coeficiente de llenado de 0,40 propio de materiales que fluyen fácilmente. Ver ANEXO 5.

$D_{te}$  = Diámetro del tubo elevador. Se toma igual a 200 mm.

$S$  = Paso de la hélice. Se estima para  $s$  un valor igual a  $0.75 \cdot D_{te}$ .

### 3.3.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA HÉLICE DEL TRANSPORTADOR.

De acuerdo a lo especificado en el capítulo anterior, el espacio que debe existir entre la hélice del transportador y el tubo elevador debe estar entre  $6.35\text{mm} < e < 9.525\text{ mm}$ .

Considerando que se debe trabajar con el diámetro de hélice, el espacio que existe entre la hélice y el tubo elevador es igual a  $2*e$ . Donde  $e$  es el espacio que debe existir entre la hélice del transportador y el tubo elevador.

Donde se tiene:

$$D_H = D_{te} - 2*e \quad \text{Ec. (3.10)}$$

Dónde:

$D_H$  = diámetro de la hélice.

$e$  = espacio entre el tubo elevador y la hélice.

Con fines de poder escoger la mejor opción se calcula con los valores de los espacios límites que se tiene.

Para  $x = 6.35\text{ [mm]}$

$$D_H = 187.3\text{ [mm]}$$

Para  $x = 9.525\text{ [mm]}$

$$D_H = 180.95\text{ [mm]}$$

Debido a que el diámetro mayor que puede tener los granos de morochillo entero no sobrepasa los 10 mm se decide que el prototipo tendrá un diámetro de hélice igual a 180 [mm] y un espacio entre hélice y tubo elevador de 10 [mm].

### 3.3.1.1 Cálculo del Paso

Para el cálculo del paso de la hélice se debe tomar en cuenta que mientras más pesada sea la carga el paso será menor. Y el paso debe estar entre 0.5 y 1 veces el diámetro del mismo, mayor cuanto más ligera sea la carga.

$$S = 0.75 * D_H$$

$$S = 135 \text{ [mm]}$$

Dónde:

$D_H$  = diámetro de la hélice.

### 3.3.1.2 Ángulo de Inclinación

El ángulo de inclinación se lo puede hallar a partir del paso y del diámetro de la hélice mediante la fórmula:

$$\tan \alpha = \frac{S}{D_H * \pi} \quad \text{Ec. (3.11)}^7$$

$$\alpha = 13,42^\circ$$

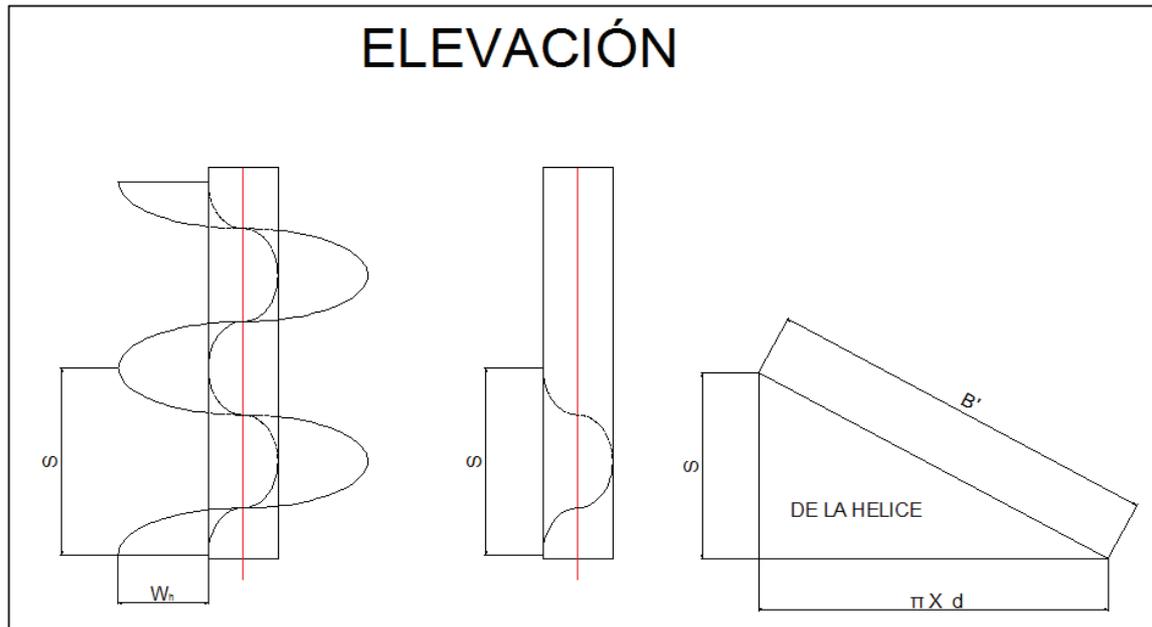
Donde por facilidad de trabajar con valores enteros se lo realiza con un ángulo de hélice de  $15^\circ$ .

### 3.3.1.3 Desarrollo del Aspa Helicoidal

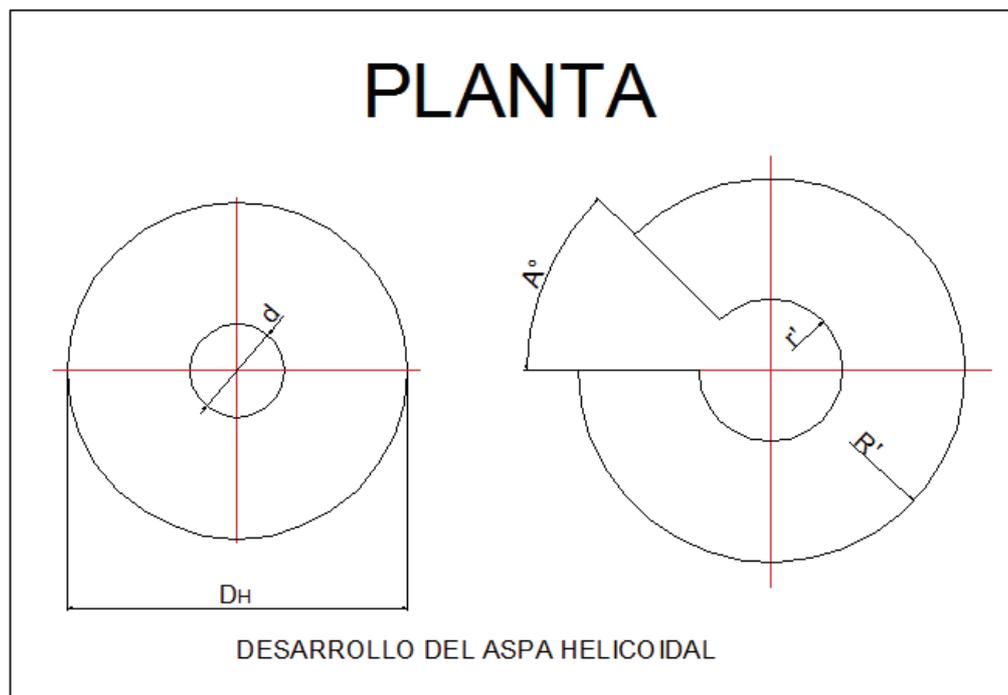
En las Figuras 3.3 y 3.4 se muestra el desarrollo del aspa helicoidal en elevación y en planta respectivamente.

---

<sup>7</sup> MIRAVETE A, Transportadores y Elevadores; 1ª Edición; Capítulo 2; página 51



**Figura 3.3** Desarrollo del aspa helicoidal elevación.



**Figura 3.4** Desarrollo del aspa helicoidal Planta.

Para determinar el desarrollo de la hélice se tiene en cuenta el ancho de hélice  $W_h = 64.6$  mm y un paso de hélice  $S = 135$  mm, para obtener la longitud del desarrollo interno de la hélice se aplica la fórmula:

$$B' = \sqrt{S^2 + (\pi * d)^2} \quad \text{Ec. (3.12)}^8$$

Dónde:

$B'$  = desarrollo radio menor de la hélice.

$d$  = diámetro del eje del tornillo sin fin.

$$B' = 209 \text{ [mm]}$$

Luego se obtiene el desarrollo de la parte exterior del aspa helicoidal con:

$$A' = \sqrt{S^2 + (\pi * D_H)^2} \quad \text{Ec. (3.13)}^9$$

Dónde:

$A'$  = desarrollo radio mayor de la hélice.

$D_H$  = diámetro de hélice.

$$A' = 581 \text{ [mm]}$$

Luego se procede con el cálculo de los nuevos radios para el desarrollo del aspa helicoidal entonces tenemos:

$$r' = \frac{B' * W_h}{A' - B'} \quad \text{Ec. (3.14)}^{10}$$

Dónde:

$r'$  = radio interno de la corona del desarrollo del aspa helicoidal.

---

<sup>8</sup> <http://savidjara.jimdo.com/apuntes/trazado-de-caldereria/piezas-no-desarrollables/>

<sup>9</sup> <http://savidjara.jimdo.com/apuntes/trazado-de-caldereria/piezas-no-desarrollables/>

<sup>10</sup> <http://savidjara.jimdo.com/apuntes/trazado-de-caldereria/piezas-no-desarrollables/>

$$r' = 38[mm]$$

Con la aplicación de la siguiente formula obtenemos:

$$R' = r' + W_h$$

Dónde:

$R'$  = radio externo de la corona del desarrollo del aspa helicoidal.

$$R' = 102.6 [mm]$$

Para calcular el ángulo de corona de desarrollo, se aplica la fórmula:

$$A^\circ = 360^\circ - \frac{(180 * A')}{\pi * R'}$$

Dónde:

$A^\circ$  = ángulo de desarrollo de aspa helicoidal.

$$A^\circ = 35.54^\circ$$

### 3.3.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.

Por otro lado, la potencia necesaria requerida por el transportador a plena carga se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = P_H + P_N + P_{St} \quad \text{Ec. (3.15)}^{11}$$

---

<sup>11</sup> UNE 58-244-88 "Aparatos de manutención continua para graneles. Transportadores de tornillo sinfín. Reglas para el diseño de los accionamientos"

Dónde:

$P$  = Potencia del transportador a plena carga.

$P_H$  = Potencia necesaria para el desplazamiento del material.

$P_N$  = Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío.

$P_{St}$  = Potencia requerida por la inclinación.

En la práctica, la capacidad de un transportador de tornillo sin-fin está expresada en la fórmula:

$$Q_M = \rho * Q_v = 450 \frac{Kg}{m^3} * 2.2222 \frac{m^3}{h} = 1 \frac{t}{h} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

Se elige para la resistencia al desplazamiento del balanceado un valor de  $\lambda = 1.9$  asimilándola en la tabla a gráneles como avena, cebada, arcilla o papas.

Así pues, la potencia necesaria para desplazar el material es:

$$P_H = \frac{Q_M * h_c * \lambda * g}{3600} \quad \text{Ec. (3.17)}$$

$$P_H = \frac{1 * 2.75 * 1.9 * 10}{3600}$$

$$P_H = 0.0145 \text{ kW}$$

La potencia  $P_N$  es muy pequeña comparada con la requerida para el desplazamiento del material. El valor es proporcional al diámetro y la longitud del tornillo. En la práctica viene dado en kilovatios por la fórmula siguiente y su valor en nuestro caso es:

$$P_N = \frac{D_{te} * h_c}{20} \quad \text{Ec. (3.18)}$$

$$P_N = \frac{0.2 * 2.75}{20}$$

$$P_N = 0.0275 \text{ kW}$$

La potencia requerida por la verticalidad, es el producto de la capacidad por altura que tiene que vencer y por la aceleración de la gravedad.

$$P_{St} = \frac{Q_M * h_c * g}{3600} \quad \text{Ec. (3.19)}$$

$$P_{St} = \frac{1000 * 2.75 * 10}{3600}$$

$$P_{St} = 0.0076 \text{ kW}$$

La potencia total requerida por el sistema es:

$$P = P_H + P_N + P_{St} \quad \text{Ec. (3.20)}$$

$$P = 0.0145 + 0.0275 + 0.0076$$

$$P = 0.0496 \text{ kW} = 0.066 \text{ HP.}$$

En el cálculo de potencia total no se encuentra considerado los rozamientos del sistema de transmisión por poleas, razón por la cual se supone una potencia necesaria de: **0.5 HP**. Con estos resultados se escoge un motor Siemens el cual tiene un momento torsor igual a: 2.059 Nm y cuenta con una velocidad de 1730 rpm.

### 3.3.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

De acuerdo a capítulo anterior las revoluciones necesarias para que la maquina funcione óptimamente están en un rango de 200 a 300 RPM, razón por la cual es necesario realizar un sistema reductor de velocidad constituido por bandas y poleas, teniendo en cuenta que el diámetro de la polea conductora es de 75 [mm]. En primer lugar se debe calcular la potencia de diseño o total de la potencia transmitida sobre la que se diseñará la correa.

La potencia que desarrolla el motor conductor (P) es el punto de partida, pero a este valor habrá que afectarlo de un coeficiente corrector en función de diversos factores como son:

- Tipo de motor conductor que se utilice para accionar la transmisión.
- Tipo de máquina conducida que se vaya accionar.
- Horas de servicio por día.

De esta manera la potencia corregida ( $P_C$ ) o total de la potencia transmitida, que es la que habrá que utilizar en el diseño, vendrá dada por la siguiente expresión:

$$P_C = P_m * K \quad \text{Ec. (3.21)}$$

Dónde:

$P_C$  = Potencia corregida.

$P_m$  = Potencia transmitida por el motor conductor.

$K$  = Factor de corrección de la potencia o factor de servicio.

El factor de potencia se puede observar en la Tabla 3.4

**Tabla 3.4** Factor de Servicio, K

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
<i>Cargas uniformes ligeras:</i> Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrífugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<i>Cargas uniformes medias:</i> Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<i>Cargas irregulares con sobrecargas:</i> Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchilones, Compresores y bombas de pistones Maquinaria papel, Pulverizadores, Maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<i>Cargas irregulares y sobrecargas importantes:</i> Molinos, machecadoras, laminadoras, calandras mezcladoras, Gruas, dragas.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
<i>Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas:</i>	2	2	2	2	2	2

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

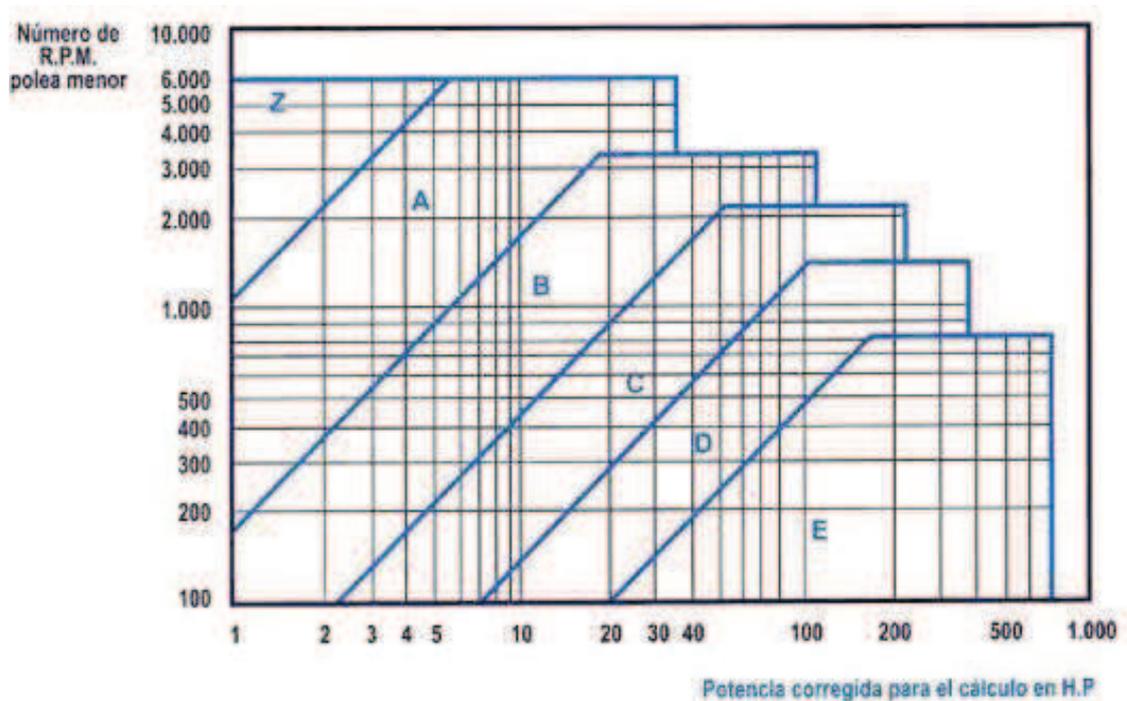
Entonces:

$$P_C = 0.5 * 1.4$$

$$P_C = 0.7 \text{ HP.}$$

Se procede a la selección del tipo de correa adecuada para trabajar en función de la potencia a transmitir y de las revoluciones de giro de la polea menor.

En la Figura 3.5 se muestra una gráfica tipo de correas de transmisión, donde se puede realizar la selección adecuada de la correa.



**Figura 3.5** Cilindro de Paredes Delgadas.

Para una velocidad de 1730 RPM y una potencia corregida de 0.7 HP se considera que el tipo de correa que se acopla mejor al sistema es del perfil tipo A.

Ahora procedemos a realizar el cálculo de la relación de transmisión, puesto que tenemos la velocidad de entrada que es la que provee el motor y la de salida que esta entre 200 y 300 RPM.

$$Rt = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad \text{Ec. (3.22)}^{12}$$

Dónde:

$n_1$  = revoluciones de la polea menor.

$n_2$  = revoluciones de la polea mayor.

$D_2$  = diámetro de la polea conducida.

$D_1$  = diámetro de la polea conductora.

$$Rt = \frac{1730}{250}$$

$$Rt = 6.92$$

Teniendo en cuenta el diámetro de la polea conductora como dato se puede realizar el cálculo para la polea conducida con la relación de transmisión.

$$D_2 = 6,92 \cdot 75 \text{ [mm]}$$

$$D_2 = 519 \text{ [mm]}$$

Los diámetros establecidos para las poleas conductora y conducida se pueden observar de acuerdo al perfil seleccionado de la correa, por lo cual el diámetro de la polea conducida será de 500 mm ya que es un diámetro recomendado en el ANEXO 6.

Puesto que la relación de transmisión para nuestro caso es mayor que 3 entonces la distancia entre ejes ( $De$ ) solo tiene que cumplir que  $De \geq D_2$ . Donde la distancia entre ejes es de 1096 mm.

Para realizar el cálculo de la longitud primitiva de la correa ( $L_p$ ) de una transmisión se calcula directamente a partir de la siguiente fórmula:

---

<sup>12</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>.

$$L_p = 2 * D_e + \frac{\pi}{2} (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)}{4 * D_e} \quad \text{Ec. (3.23)}^{13}$$

$$L_p = 3140 \text{ [mm]}$$

El resultado obtenido es el valor exacto calculado para la longitud de la correa, no obstante las casas comerciales fabrican una serie normalizadas de longitudes primitivas nominales para cada sección de correa (ver ANEXO 7), por esta razón de esta lista se ha de elegir la longitud más próxima al valor calculado.

Por lo tanto se selecciona una correa de perfil “A” con desarrollo nominal de 3132 [mm] (N° 122). Luego de seleccionar la longitud primitiva de la correa se debe determinar un factor de corrección del largo de la correa ( $F_{cl}$ ), (ver ANEXO 8). Se lo realiza de esta manera puesto que en las tablas de correas de cualquier fabricante, las prestaciones que en ellas aparecen están confeccionadas para un desarrollo base de la correa.

$$F_{cl} = 1.14$$

La polea determinante en el diseño y en la duración de la vida útil de la correa será la de menor diámetro. Por ello, es necesario conocer el ángulo de contacto sobre esta polea, la determinación del ángulo de contacto ( $A$ ) de la correa sobre la polea menor se lo realiza aplicando la siguiente formula:

$$A_c = 180 - 57 \frac{(D_2 - D_1)}{E} \quad \text{Ec. (3.24)}^{14}$$

Dónde:

$A_c$  = ángulo de contacto sobre la polea menor en °.

$$A_c = 180 - 57 \frac{(500 - 75)}{1096}$$

$$A_c = 158^\circ$$

---

<sup>13</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>.

<sup>14</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>.

Como en el caso de la longitud primitiva el diseño óptimo de la correa se ha realizado para un ángulo de contacto sobre la polea de 180°. Como el ángulo de contacto sobre la polea menor, es menor a 180° la prestación de la correa no será la óptima, y por tanto habrá que afectarla por un coeficiente corrector del arco de contacto ( $F_c A_c$ ), (ver ANEXO 9).

$$F_c A_c = 0.94$$

Se puede obtener la velocidad lineal de la correa en función del diámetro de la polea menor y sus revoluciones de giro. Para obtener la velocidad se debe aplicar la fórmula:

$$V_t = \frac{\pi * D_2 * n_1}{60 * 1000} \quad \text{Ec. (3.25)}^{15}$$

$$V_t = \frac{\pi * 75 * 1730}{60 * 1000}$$

$$V_t = 6.79 \text{ [m/s]}$$

Dónde:

$V_t$  = Velocidad lineal o tangencial de la correa en [m/s].

Para el buen funcionamiento de correas trapezoidales la velocidad lineal no debe sobrepasar los 30 m/s, y como podemos observar nuestro sistema cumple con este apartado.

La prestación base o potencia base ( $P_b$ ) que puede transmitir una correa, según su perfil, están tabuladas en las tablas de cualquier fabricante de correas, para acceder a la obtención de la potencia base de la correa, se debe tomar en cuenta las rpm y el diámetro de la polea menor. Ver ANEXO 10.

$$P_b = 1.11 + 0.29 \text{ [HP]}$$

$$P_b = 1.4 \text{ [HP]}$$

---

<sup>15</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>.

La potencia efectiva por correa ( $P_e$ ) se calcula a partir de la potencia base ( $P_b$ ) afectada por los coeficientes correctores de longitud de correa y arco de contacto, de esta forma la expresión que proporciona la potencia efectiva es:

$$P_e = P_b * F_{cl} * F_c A \quad \text{Ec. (3.26)}^{16}$$

$$P_e = 1.4 * 1.14 * 0.94 = 1.5 \text{ [HP]}$$

Para conseguir el número de correas necesarias para transmitir la potencia se la realiza mediante la fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ de correas} = P_c / P_e$$

$$\text{N}^\circ \text{ de correas} = 0.7 / 1.5$$

$$\text{N}^\circ \text{ de correas} = 1$$

De acuerdo a todos los cálculos realizados tendremos una transmisión resultante así:

- Tipo de correa: A122
- N° de correas: 1
- Diámetro de la polea menor: 75 [mm]
- Diámetro de la polea mayor: 500 [mm]
- Distancia entre ejes de poleas 1096 [mm].

### 3.3.4 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

El eje se diseña estáticamente y dinámicamente, se conoce como datos la potencia nominal del motor, torque y la velocidad angular.

---

<sup>16</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>.

## TORQUE – PAR MOTOR

$$P_m = T \times n_1$$

$$T = \frac{P_m}{V}$$

Dónde:

$$P_m = 0.5 \text{ Hp} = 373 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$V = 250 \text{ rpm} = 26 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$M_t = 14.34 \text{ Nm}$$

## Diseño Estático

Para el diseño se considera que se encuentra acoplado a un sistema de transmisión por poleas a un motor eléctrico que transmite la potencia necesaria al tornillo sin fin apoyado sobre dos rodamientos los mismos que absorben la fuerza radial. En la Figura 3.6 se muestra la preforma del eje.

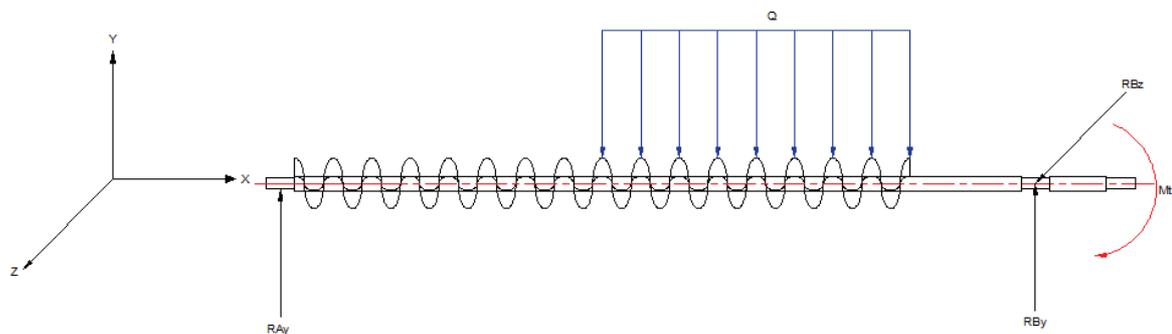
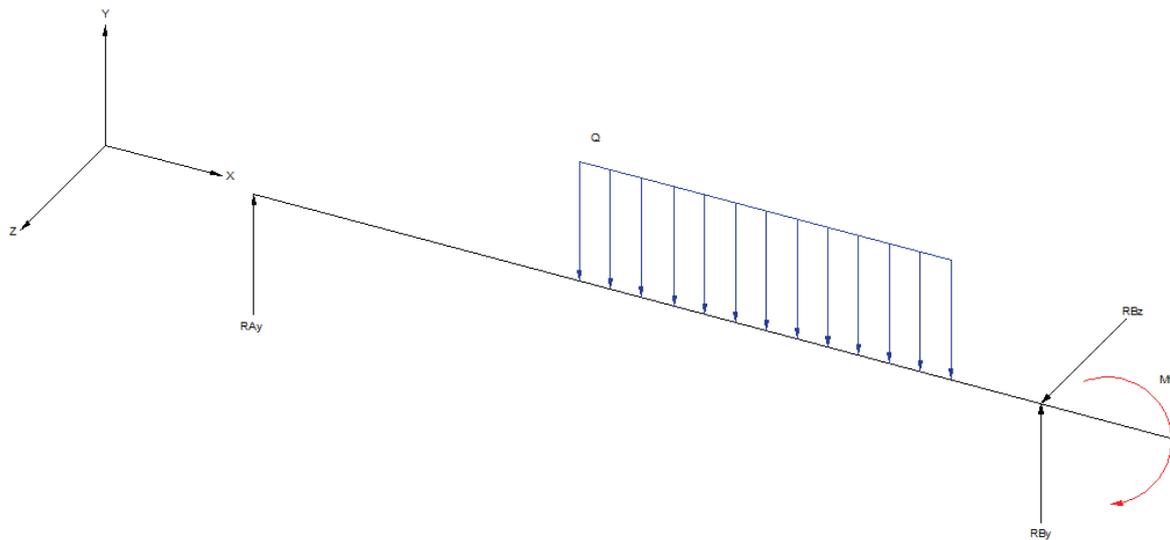


Figura 3.6 Diagrama de cuerpo libre del eje.

## Diseño del eje motriz.

En la figura 3.7 se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la máquina.



**Figura 3.7** Diagrama de cuerpo libre del eje.

La carga del alimento se distribuye de manera uniforme, el peso del alimento como del tornillo sin fin se da por:

$$Q = \rho_i \cdot A_t + \frac{P_p}{L} \quad \text{Ec. (3.27)}$$

Dónde:

$A_t$  = área transversal del eje del tornillo sin fin.

$P_p$  = peso del alimento.

$L$  = longitud del tornillo sin fin.

$\rho_i$  = densidad del acero inoxidable.

$$Q = 30 \left[ \frac{Kg}{m} \right]$$

Por lo que el peso total del tornillo sin fin y el alimento es:

$$P_t = 30 [Kg/m] \cdot 1.2[m]$$

$$P_t = 36 [Kg] = 360 [N]$$

La transmisión de potencia se la realiza por medio de una correa o banda, se da por:

$$T_t = \frac{M_t}{\frac{D_2}{2}} \quad \text{Ec. (3.28)}$$

Dónde:

$T_t$  = tensión transmitida al eje.

$M_t$  = Momento torsor en el eje.

$D_2$  = diámetro de la polea conducida.

$$T_t = 57.36 \text{ [N]}$$

Con la ayuda del software MD SOLIDS, se puede determinar estas reacciones:

$$R_{A_y} = 126,50 \text{ [N]}$$

$$R_{B_y} = 290,86 \text{ [N]}$$

### Diagrama de cargas X – Y

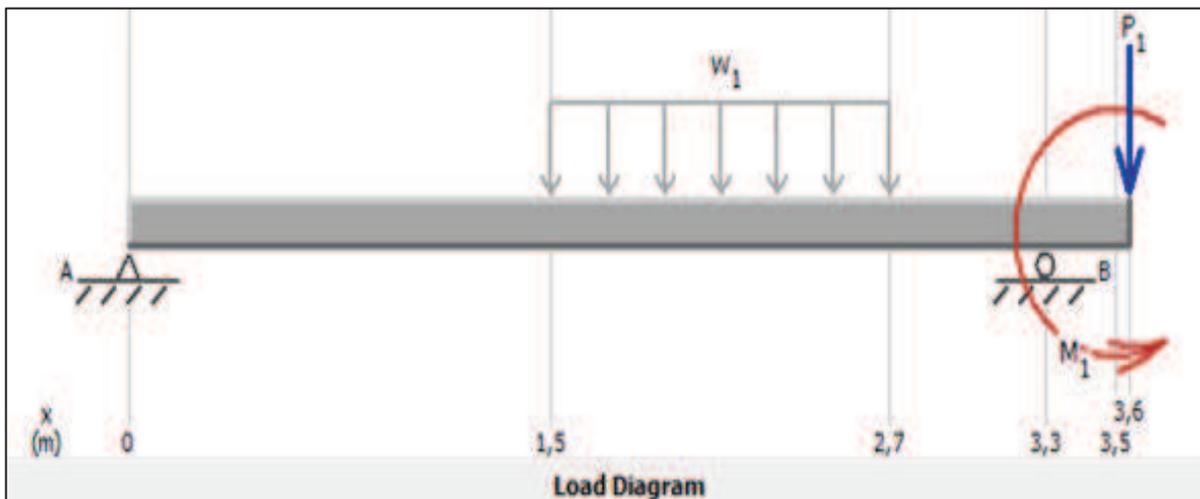


Figura 3.8 Diagrama de cargas.

### Diagrama de esfuerzo cortante en el plano X – Y

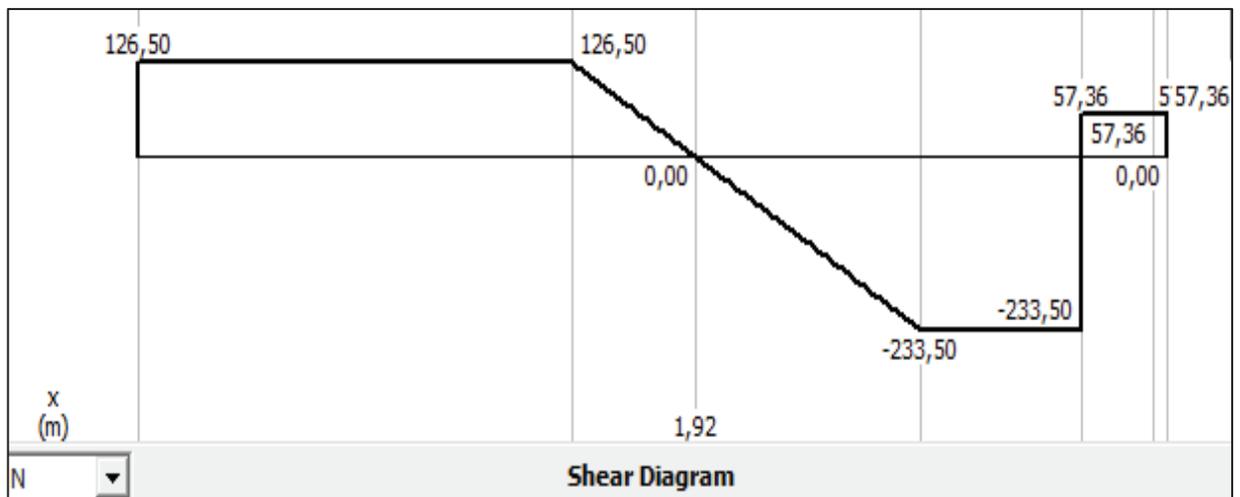


Figura 3.9 Diagrama de esfuerzo cortante.

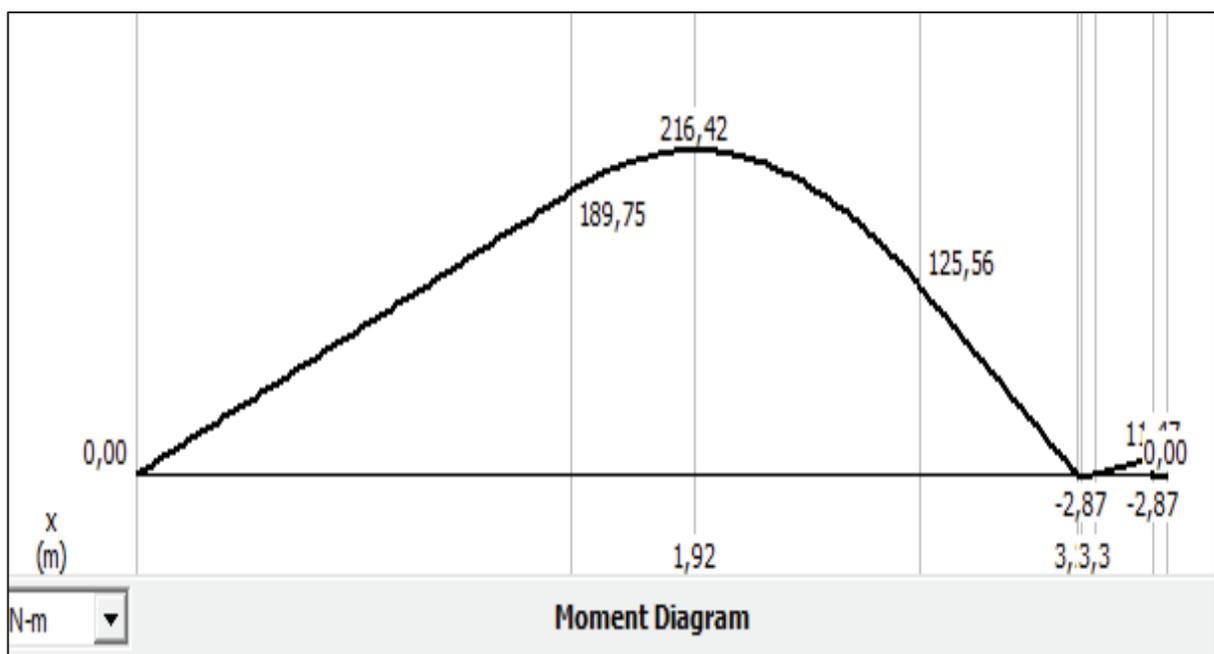


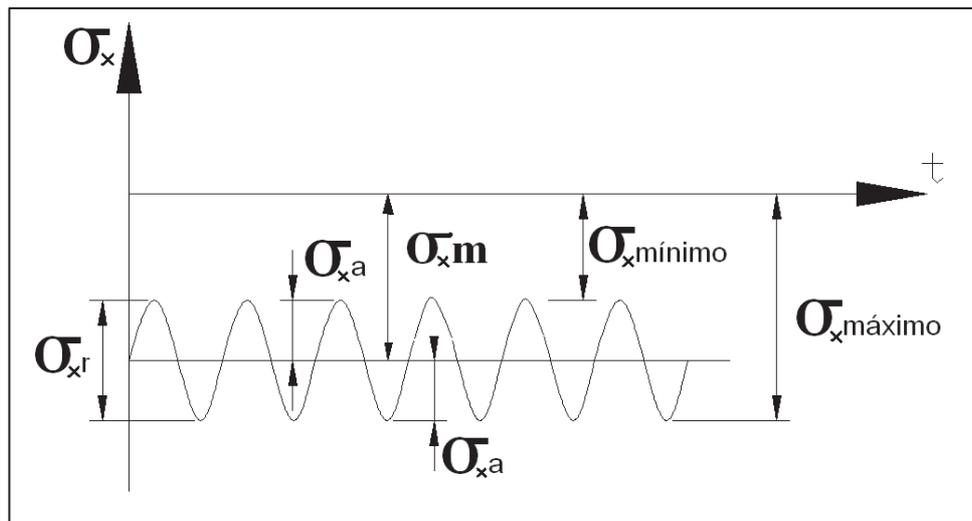
Figura 3.10 Diagrama de momento flector del eje.

El momento torsor se encuentra en el plano Y – Z según el eje de referencia que se asume y es igual a:

$$M_t = 14.34 \text{ Nm.}$$

## Material Base del Eje

En muchos casos se necesita determinar la resistencia de piezas correspondiente a estados de esfuerzo diferentes. En muchos casos los esfuerzos fluctúan sin pasar por cero. En la figura 3.11 se muestra la relación esfuerzo – tiempo que se puede presentar.



**Figura 3.11** - Relación esfuerzo – tiempo. Esfuerzos medios y alternantes.<sup>17</sup>

Se ha seleccionado para el eje de transmisión un acero inoxidable AISI 304, el mismo que tiene grado alimenticio y es muy apropiado para nuestra máquina. Las propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304 son:

$$S_{ut} = 620 \text{ [MPa]}$$

$$S_y = 310 \text{ [MPa]} = 310000000 \text{ N/m}^2$$

$$d_{\min} = \left[ \frac{32 * \eta}{\pi * S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad \text{Ec. (3.29)}^{18}$$

<sup>17</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, Figura 7-22; pág. 330.

<sup>18</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 15; 3ª edición, ecuación 15-1(d); pág. 249.

Dónde:

$\eta$ : Factor de seguridad = 2

$M$ : Momento flector = 216.42 Nm

$Mt$ : Momento torsor = 14.34 Nm

$S_y$ : Resistencia de fluencia = 310000000 N/m<sup>2</sup>

$$d_{\min} = 24,24 \text{ mm.}$$

### Diseño a Fatiga

Considerando la ecuación de fatiga de materiales se tiene:

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e \quad \text{Ec. (3.30)}^{19}$$

Para aceros:

$$S_e' = 0.5 S_{ut} = 310 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \quad \text{Ec. (3.31)}^{20}$$

Los factores correspondientes a corrección por fatiga son:

$K_a$  = factor de superficie = 0.9

$K_b$  = factor de tamaño = 1.0

$K_c$  = factor de confiabilidad = 1

$K_d$  = factor de temperatura = 1

$K_e$  = factor de concentración de esfuerzos = 1/ $K_f$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1) \quad \text{Ec. (3.32)}$$

<sup>19</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación 7-15; pág. 307.

<sup>20</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 6; 3ª edición, ecuación 7-1; pág. 294.

$q$  = sensibilidad a las ranuras = 0.5

$K_t$  = factor teórico de concentración de esfuerzos = 1.6

Al resolver la ecuación 3.31 se tiene:

$$K_f = 1.3$$

$$K_e = 0.8$$

Resuelta la ecuación 3.29 se tiene:

$$S_e = 232 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

El eje está sometido a flexión y torsión, en consecuencia se tiene:

$$2\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{M * S_{ut}}{M_t * S_e}\right) = 1,54^\circ$$

$$\sigma_a = \frac{32M * \text{sen}2\alpha}{\pi * d^3} = 160 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_m = \frac{32T * \cos 2\alpha}{\pi * d^3} = 261 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

Se aplica la ecuación de Goodman modificada se tiene

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta}$$

$$\eta = 1.44$$

Ec. (3.33)

El valor obtenido del factor de seguridad garantiza que el eje de transmisión no falle por fatiga.

### 3.3.5 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

En ésta sección se estudia y selecciona los rodamientos que intervienen en la máquina. Se calcula la reacción radial mayor sobre los apoyos mediante la siguiente relación:

$$Rr = \sqrt{RA^2 + RB^2} \quad \text{Ec. (3.34)}$$

Dónde:

$R_A$  y  $R_B$  son fuerzas que van actuar en el rodamiento.

Entonces se tiene:

$$R_A = 126.50 \text{ [N]}$$

$$R_B = 290.86 \text{ [N]}$$

Son cargas de diferente magnitud (carga radial pura), por lo que se puede diseñar indistintamente un solo tipo de rodamiento para cualquier apoyo. Para esto se calcula la capacidad de carga dinámica mediante la relación:

$$L_{10} = \frac{1000000}{60n} \left(\frac{C}{P_r}\right)^p \quad \text{Ec. (3.35)}^{21}$$

Dónde:

$L_{10}$  = Duración nominal en horas de servicio = 20000 (industrial)

$C$  = Capacidad de carga dinámica

$P_r$  = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

$p$  = Exponente de la fórmula de duración = 3 (rodamiento de bolas)

$V$  = Velocidad de rotación = 250 rpm

---

<sup>21</sup> Manual de la Skf, Internet, [www.rodamientosvera.com/CatálogoSKF/tabid/1557/ctl/Login/Default.aspx](http://www.rodamientosvera.com/CatálogoSKF/tabid/1557/ctl/Login/Default.aspx) - 19k -

Entonces el valor de seguridad de carga está dado por:

$$C/P = 7$$

Puesto que el rodamiento está sometido a carga radial pura  $P = R_b = 290.86$  (N)

Entonces:

$$C \geq 7P = 1940[N]$$

Para un diámetro de 50mm se elige el rodamiento con la designación 610/VA201 SKF.

### 3.3.6 DISEÑO DE LA LENGÜETA

El diseño se basa en una resistencia de fluencia, con un factor de seguridad de 3, considerando un diámetro de 15mm del eje de acople al motor, se escoge una chaveta rectangular de 3/16 x 3/16pulg (ver Tabla ANEXO 11), usando como material acero SAE 1018 cuyas características se aprecian en el ANEXO 12.

$$S_y = 276.2\text{MPa}$$

El torque total de la máquina,  $M_t = 14.34\text{Nm}$  es igual al momento de rotación, la fuerza tangencial  $F$  en la superficie del eje es:

$$F = \frac{M_t}{r} \quad \text{Ec. (3.36)}$$

$$F = \frac{14.34}{0.0075} = 1912[N]$$

Según la ecuación 3.37, la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} = 0.577 * S_y \quad \text{Ec. (3.37)}^{22}$$

$$S_{sy} = 0.577 * 276.2$$

$$S_{sy} = 159.4 \text{ MPa}$$

La falla por corte a través del área ab originará un esfuerzo  $\tau = F / (w * l)$ .

Se sustituye  $\tau$  por la resistencia dividida entre el factor de seguridad, resulta:

$$\frac{S_{sy}}{\eta} = \frac{F}{w * l} \quad \text{Ec. (3.38)}^{23}$$

Al despejar la longitud de la chaveta, se tiene:

$$l = \frac{F * \eta}{S_{sy}} = \frac{1912 * 3}{159.4 * 0.00476}$$

$$l = 0.01 \text{ m.}$$

Por otro lado, la resistencia al aplastamiento se determina con un área igual a la mitad de la cara de la cuña.

$$l = \frac{F * \eta}{S_y * 0.5 * h} \quad \text{Ec. (3.39)}$$

$$l = \frac{1912 * 3}{276.2 * 0.5 * 0.00476} = 0.0087 \text{ m}$$

Si la lengüeta tuviera una longitud mayor, tendría por consiguiente amplia resistencia. En consecuencia, para el presente caso se utiliza una lengüeta de longitud normalizada de 25mm.

---

<sup>22</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación (b); pág. 352.

<sup>23</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación ; pág. 425.

### 3.3.7 DISEÑO DE LAS JUNTAS SOLDADAS.

El análisis para el diseño de las soldaduras se realiza en base al diseño estático y dinámico de las juntas soldadas entre el eje motriz y hélice helicoidal.

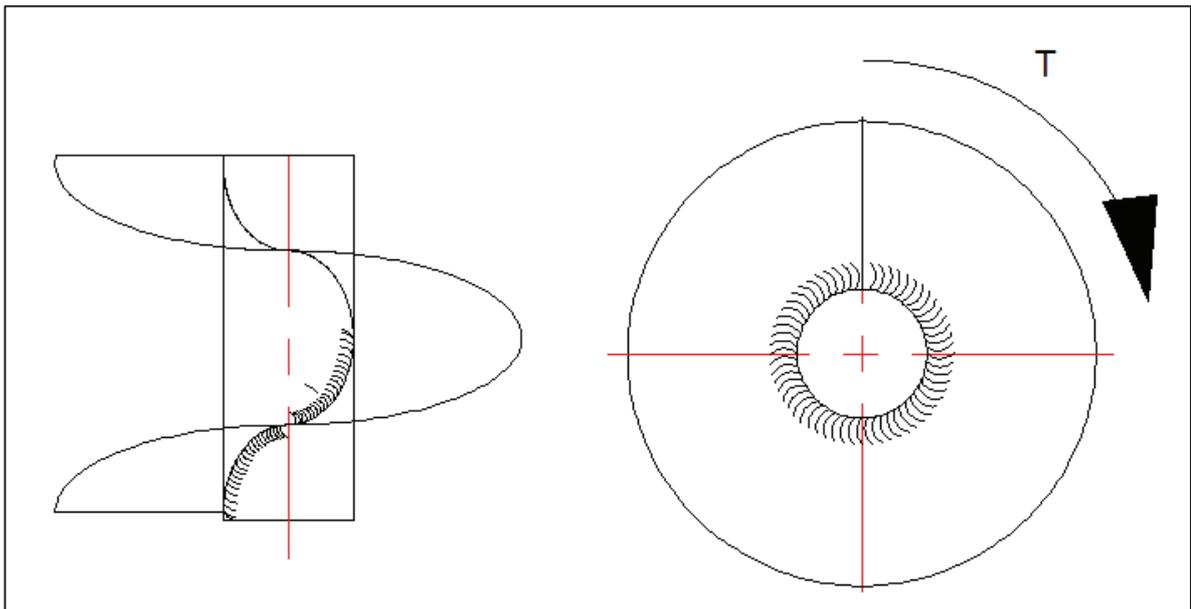
#### 3.3.7.1 Diseño estático de las juntas soldadas entre el eje motriz y hélice.

Para el diseño estático de las juntas soldadas se consideran las cargas que soporta el eje motriz, y los momentos que se producen. En la figura 3.12 se muestra las direcciones de las fuerzas, cuyos valores son:

$$R_{AY} = 126.50 \text{ [N]}$$

$$R_{BY} = 290.86 \text{ [N]}$$

$$M_t = 14.34 \text{ [Nm]}$$



**Figura 3.12** - Cargas que actúan sobre la soldadura.

Se debe calcular el esfuerzo cortante primario debido al momento torsor T. Como se indica en la figura 3.12, las placas están unidas al eje motriz por medio de juntas a filete de 0.006 m asumidas para el cálculo. A partir del caso 6 de la tabla ANEXO 13 se determina el área de garganta.

$$A_g = 1.414 * \pi * h_{ss} * r_g \quad \text{Ec. (3.40)}^{24}$$

Dónde:

$h_{ss}$  = Altura de la sección soldada.

$r_g$  = Radio

$$A_g = 1.414 * \pi * 0.006 * 0.0254 = 6.77 * 10^{-4} [m^2]$$

Se aplica de nuevo el caso 6 de la tabla ANEXO 13, se obtiene el segundo momento polar de área unitario  $J_u$ .

$$J_u = 2 * \pi * r^3 \quad \text{Ec. (3.41)}$$

$$J_u = 2 * \pi * (0.025)^3 = 5.15 * 10^{-5} [m]^3$$

Para obtener los valores correspondientes del segundo momento polar de área del grupo de juntas J:

$$J = 0.707 * h * J_u \quad \text{Ec. (3.42)}$$

$$J = 0.707 * 0.006 * 5.14 * 10^{-5} = 2.18 * 10^{-7} [m]^4$$

Al aplicar la ecuación 3.42 se determina el esfuerzo de corte primario total para el metal soldante:

---

<sup>24</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 9; 3ª edición, tabla 9-1; pág. 449.

$$\tau_1 = \frac{R_{AY}}{A_g} + \frac{M * r_g}{J} \quad \text{Ec. (3.43)}$$

$$\tau_1 = \frac{126.50}{6.77 * 10^{-4}} + \frac{14.34 * 0.025}{2.18 * 10^{-7}} = 1.83 [MPa]$$

El esfuerzo total es  $\tau = 1.83 [MPa]$

Las propiedades mecánicas de la hélice de acople corresponden a un acero AISI 304.

$S_y = 310 \text{MPa}$

$S_{ut} = 620 \text{MPa}$

Se puede utilizar las mismas propiedades mecánicas para el metal soldante.

Se utiliza la ecuación 3.43 para obtener el factor de seguridad estático.

$$\eta = \frac{0.577 * S_y}{\tau} \quad \text{Ec. (3.44)}$$

$$\eta = \frac{0.577 * 310}{1.83} = 97.74$$

### 3.3.7.2 Diseño Dinámico de las Juntas soldadas entre Eje Motriz y hélice.

Se halla el límite de fatiga por viga rotatoria.

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$

$$S_e' = 0.5 * 620 = 310 [MPa]$$

En las uniones soldadas se utiliza una superficie basta, para encontrar el factor de superficie que modifica la resistencia se aplica la ecuación 3.44. Donde  $a = 272\text{MPa}$  y  $b = -0,995$ .

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b \quad \text{Ec. (3.45)}$$

$$K_a = 272 / (620)^{-0.995} = 0.9.$$

Para obtener el diámetro equivalente.

$$d_e = 0.808 * (0.707 * h * l)^{1/2}$$

$$d_e = 0.808 * (0.9 * 0.006 * 2\pi * 0.025)^{1/2} = 0.0235[m]$$

Con la ecuación 3.45 se halla el factor de tamaño

$$k_b = 0.869 * d^{-0.097} \quad \text{Ec. (3.46)}^{25}$$

$$k_b = 0.869 * 0.0235^{-0.097} = 1.25$$

Para el 50% de confiabilidad de la tabla ANEXO 14 se tiene que  $K_c=1$

Para el factor de temperatura  $K_d=1$ .

El factor de esfuerzos diversos, se determina considerando el factor  $k_f$  que vale 2.7 para el caso de filetes paralelos (ver ANEXO 15).

$$k_e = \frac{1}{K_f} = \frac{1}{2.7} = 0.37$$

---

<sup>25</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación 7-16; pág. 3.

El límite a fatiga es:

$$S_{se} = 310 * 0.9 * 1 * 1 * 1 * 0.37 = 103.23 \text{ [MPa]}$$

Los esfuerzos de corte en la junta son:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2}$$

$$\tau_a = \frac{1.83}{2} = 0.915 \text{ [MPa]}$$

Se tiene:

$$S_{su} = 0.67 * S_{ut} \quad \text{Ec. (3.47)}$$

$$S_{su} = 0.67 * 620 = 310 \text{ [MPa]}$$

Para el esfuerzo cortante, la línea de Goodman según la ecuación 3.48 es:

$$\eta = \frac{1}{\frac{\tau_a}{S_{se}} + \frac{\tau_m}{S_{su}}} = \frac{S_{se} * S_{su}}{\tau_a * S_{su} + \tau_m * S_{se}} \quad \text{Ec. (3.48)}$$

El factor de seguridad a fatiga del metal soldante es:

$$\eta = \frac{103.23 * 310}{0.915 * (103.23 + 310)} = 84.63$$

El factor de seguridad obtenido garantiza una estabilidad en los elementos soldados.

### 3.3.8 SOPORTES DE LA MÁQUINA.

Los soportes de la maquina están construidas de un tubo cuadrado estructural negro ASTM A500 el cuál por ser resistente es ideal para este trabajo ya que soporta el peso de la máquina por sus excelentes condiciones.

**Tabla 3.5** Características del tubo estructural cuadrado

ANCHO	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	Sy	i
mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	MPa	cm
40	3	3.54	4.44	10.20	5.10	228	1.52

Fuente: CATALOGO DIPAC

La máquina tiene un peso aproximado de 660 Kg con carga completa, que es igual a 6600 N, lo que quiere decir que cada soporte va a soportar un peso de 2200 N.

Los soportes de la máquina están sometidos a un esfuerzo de compresión, el esfuerzo de compresión se calcula con la siguiente ecuación:

$$\sigma_c = \frac{W_{pt}}{A_{ts}} \quad \text{Ec. (3.49)}$$

Dónde:

$A_{ts}$  = área transversal del soporte.

$W_{pt}$  = peso total de la máquina.

$$\sigma_c = \frac{6600}{4.44 \times 10^{-4}} = 14.86 \text{ [MPa]}$$

$$\eta = \frac{228}{14.86}$$

$$\eta = 15.34$$

## ANALISIS POR ESTABILIDAD

Debido a que los soportes de la máquina son largos, también se procede a realizar el análisis por estabilidad de donde tenemos lo siguiente:

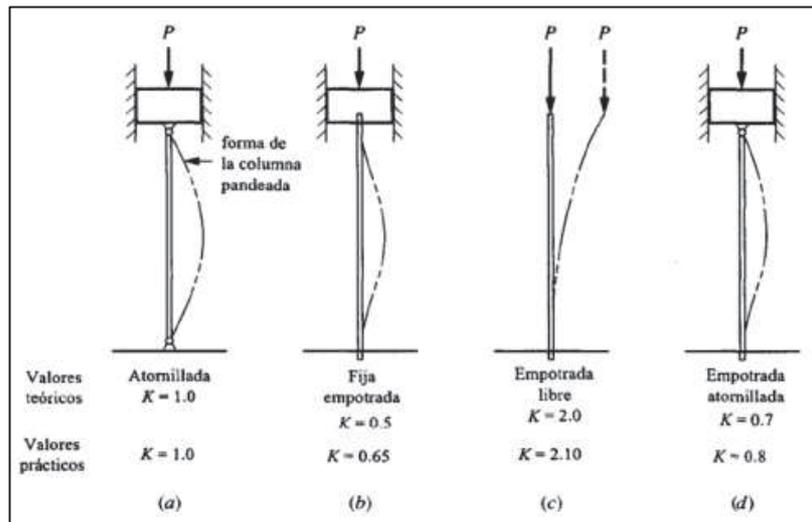
$$\text{Relación de esbeltez} = \frac{kl}{r} \quad \text{Ec. (3.50)}$$

$k$  = constante que depende del extremo fijo.

$l$  = Longitud de la columna entre los soportes.

$r$  = radio de giro, 1.52 cm.

En la figura 3.13 se muestran los valores teóricos y prácticos de la constante  $K$ .



**Figura 3.13** - Valores de  $K$  para longitud efectiva.

Se escoge el valor de  $k = 2.1$  ya que el soporte es empotrado libre.  
Reemplazando en la ecuación 3.50 se tiene:

$$\text{Relación de esbeltez} = 414.47$$

Ahora se encuentra la relación de esbeltez de transición, teniendo:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} \quad \text{Ec. (3.51)}^{26}$$

Dónde:

$E$  = módulo de elasticidad 21000000 [Kg/cm<sup>2</sup>] = 205939.6 [MPa]

$S_y$  = resistencia a la fluencia.

<sup>26</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 3; 3ª edición, ecuación 3-44; pág. 156.

Remplazando se tiene:

$$C_c = 133.52$$

La relación de esbeltez es mayor que la relación de esbeltez de transición, por lo que se aplica la fórmula de EULER al tratarse de una columna larga.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{\left(\frac{k * l}{r}\right)^2} \quad \text{Ec. (3.52)}^{27}$$

Dónde:

$P_{cr}$  = carga crítica

$$P_{cr} = 179844.43 [N]$$

El factor de seguridad de la columna se establece dividiendo la carga crítica para la carga real que soportará la máquina.

$$\eta = \frac{179844.43}{6600} = 27.24$$

Debido a que el factor de seguridad obtenido, este material cumple con los requerimientos necesarios.

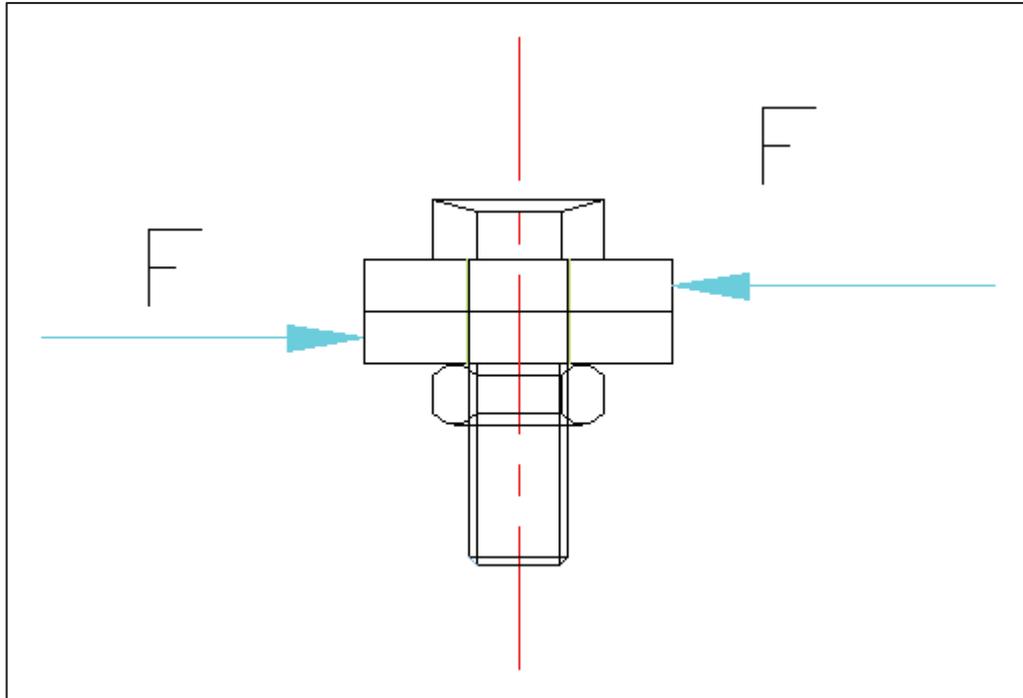
### 3.3.9 SELECCIÓN DE PERNOS PARA EL ACOPLE TAPA Y CARCAZA.

Para obtener el número de pernos que se necesita para realizar la junta entre la tapa y la carcaza se tomará como guía la metodología de selección de bridas, debido al diámetro de la sección cilíndrica (ver ANEXO16), se obtiene un número de pernos igual a 28.

---

<sup>27</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 3; 3ª edición, ecuación 3-38; pág. 153.

En la figura 3.14 se muestra las fuerzas a las que están sometidos los pernos.



**Figura 3.14** - Fuerzas a las que están sometidos los pernos.

### 3.3.9.1 Diseño a Corte.

Para obtener el número de pernos que se necesita para el acople de la tapa y la carcasa se realiza una semejanza con una brida, según el ANEXO 16, se determina que por el diámetro del cilindro el número de pernos serán 28.

La fuerza que soporta cada perno es de 1.02 (N), este resultado se obtiene de la siguiente relación.

$$T = 1434(\text{Ncm})$$

$$F = 1434/50 = 28.68 \text{ (N)}$$

Esta es la Fuerza total, como se considera que se utiliza veinte y ocho pernos la fuerza de cada uno es 1.02 (N).

Debido a que la función de la junta no se trata del ensamble de ejes, no se toma en cuenta el diámetro del perno, ni el espesor de la chapa, razón por la cual se realiza un proceso iterativo de selección del diámetro del perno mostrado en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6** Selección de Diámetro de Perno.

Número de Pernos (U)	Resistencia de Fluencia al corte (MPa)	Diámetro de Perno (mm)	Esfuerzo de Corte (MPa)	Factor de Seguridad
28	398	M6	7.79	51.075
28	398	M8	10.38	38.64
28	398	M10	12.98	30.64
28	398	M12	15.58	25.53

**Fuente:** Propia

El esfuerzo por corte es (ecuación 3.53):

$$\tau = \frac{F_{\text{perno}}}{A} \quad \text{Ec. (3.53)}$$

La resistencia de fluencia al corte:

$$S_{sy} = 0.577S_y = 0.577(100Kpsi) = 57.7Kpsi = 398 \text{ MPa.}$$

El factor de seguridad es:

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad \text{Ec. (3.53)}$$

El diámetro de perno escogido es el M10 debido a que su factor de seguridad satisface los requerimientos de diseño.

Una vez realizado el diseño del prototipo se elaboran los planos de montaje y de taller de cada uno de los elementos diseñados.

Para la construcción del prototipo es necesario elaborar los respectivos planos de taller que contengan información clara y precisa, para lograr esto es necesario aplicar las normas de dibujo mecánico, tomando en cuenta procesos simples de construcción, selección de materiales existentes en el mercado local para la fabricación de cada uno de los elementos que conforman el prototipo.

La secuencia de los planos de taller esta relacionada con el proceso de montaje del prototipo. Tanto los planos de conjunto como los planos de taller se presentan en el ANEXO 20.

## **CAPITULO IV**

### **CONSTRUCCION, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO DEL PROTOTIPO**

#### **4.1 GENERALIDADES**

La máquina mezcladora de balanceado es de fácil construcción, por tanto cualquier taller mecánico industrial donde existan todos los equipos y herramientas necesarias pueden construir cada uno de los elementos que conforman el prototipo. Para la construcción de la máquina uno de los factores importantes es la facilidad de adquisición de la materia prima en el mercado local, para luego obtener los elementos que conforman la mezcladora de balanceado.

#### **4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.**

En la construcción de la máquina es necesario determinar:

- Requerimientos para la construcción:
- Máquinas y equipos que se va utilizar en la construcción.
- Herramientas.
- Instrumentos de medición y verificación.
- Materia prima
- Elementos seleccionados.
- Elementos a construir.
- Hoja de procesos.

#### **4.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.**

Para la construcción de la máquina Mezcladora de Balanceado se utilizan equipos, herramientas, para la conformación de la misma, a continuación se detalla algunos de los equipos, herramientas, materia prima, elementos seleccionados, elementos a construir.

##### **Máquinas y Equipos**

Cizalla, esmeril, equipo de pintura, fresadora, soldadora eléctrica, soldadora TIG, roladora, torno, taladro.

##### **Herramientas**

Brocas, compas, discos de desbaste, escuadras, limas, llaves, martillo, rayador, sierra de arco, útiles de tornear.

##### **Instrumentos de medición y verificación**

Calibrador pie de rey, flexómetro, nivel.

##### **Materia Prima.**

Material para la carcasa, material para el eje, material para el tubo elevador, varilla lisa A36, tubo estructural.

##### **Elementos normalizados y seleccionados.**

Motor eléctrico de 1/2hp, rodamientos, chumaceras, pernos, bandas, poleas.

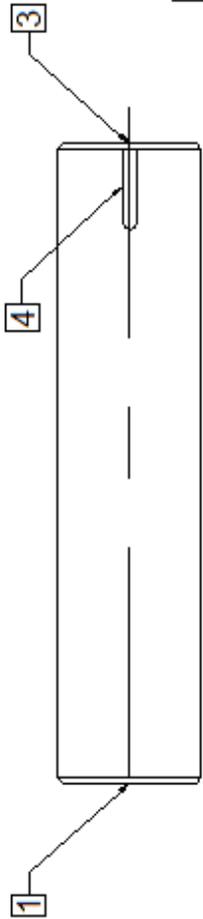
##### **Listado de elementos a construir.**

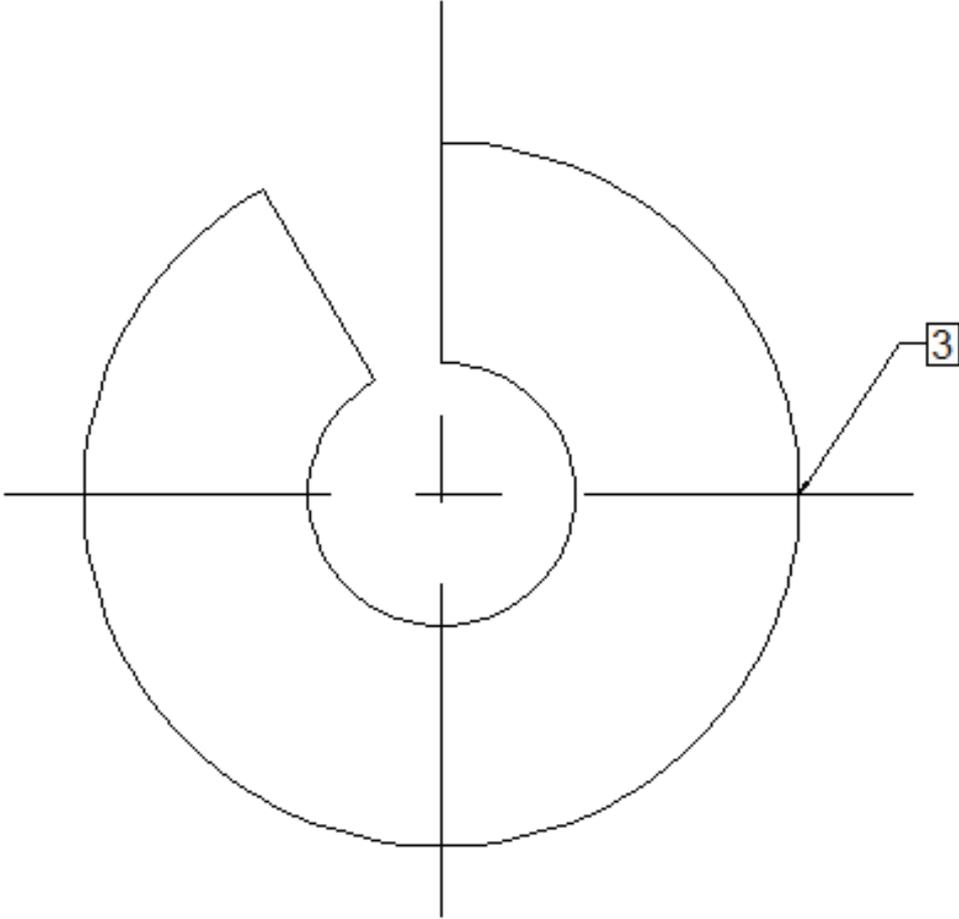
Eje principal, hélice, tolva o carcasa, tapa de carcasa, estructura soporte.

#### **4.2.2 HOJA DE PROCESOS.**

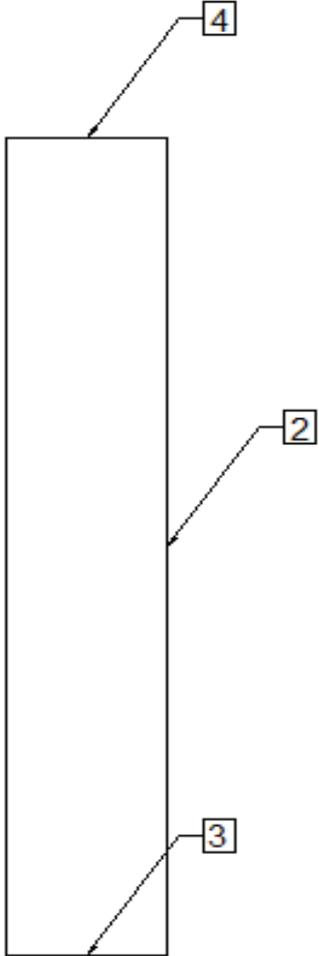
Se realizar cuatro hojas típicas de los elementos principales que conforman el prototipo en las que se detallaran cada uno de los procedimientos que se debe seguir para obtener los diferentes elementos que se va a construir.

- Hoja de Procesos del Eje Principal
- Hoja de Procesos de la Hélice.
- Hoja de Procesos de Poleas.
- Hoja de Procesos del Tubo Elevador.

HOJA DE PROCESOS -1				EJE DE POTENCIA	
Nombre de la unidad: Máquina Prototipo Mezcladora de balanceado				Tiempo de duración: 50 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Eje motriz	AISI 304	50.8 x 3550	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidad ( rpm)	N° Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Refrentado	500	2	2	10
2	Medición, trazado y corte		1		10
3	Refrentado	500	2	2	10
4	Maquinado de los chaveteros		3	3	20

HOJA DE PROCESOS -2				DESARROLLO HÉLICE	
Nombre de la unidad: Máquina Prototipo Mezcladora de balanceado				Tiempo de duración: 50 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	22	HÉLICE	AISI 304	$\phi_i=38, \phi_{ext}=100(mm)$	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidad ( rpm)	N° Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Medición y Trazado		1		15
2	Corte		1		25
3	Pulido	1000	2		10

HOJA DE PROCESOS -3				POLEAS DE TRANSMISIÓN	
Nombre de la unidad: Máquina Prototipo Mezcladora de balanceado				Tiempo de duración: 105 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Polea Conducida	Fundición DIN 1691	Diámetro 500 mm	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidad (rpm)	N° Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Centrado		1		10
2	Medición y Trazado		1		10
3	Taladrado	500	2	12.7	5
4	Cilindrado	500	8	3	40
5	Fresado		3	1.2	30
6	Machuelado	50	3	1	10

HOJA DE PROCESOS -4				TUBO ELEVADOR	
Nombre de la unidad: Máquina Prototipo Mezcladora de balanceado				Tiempo de duración: 40 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observación
	1	Tubo	AISI 304	Diámetro 200 mm	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidad ( rpm)	N° Pasadas	Profundidad (mm)	Tiempo (min)
1	Medición, trazado y corte		1		10
2	Rolado	10	3		20
3	Pulido	1000	1		5
4	Pulido	1000	1		5

#### 4.2.3 ETAPAS DE CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA.

La construcción de la estructura soporte de la mezcladora de balanceado se la realiza de la siguiente manera:

- Trazado sobre los perfiles.
- Corte a dimensiones establecidas.
- Armado de la estructura (puntos de suelda).
- Comprobación de dimensiones.
- Comprobación de perpendicularidad, paralelismo y estabilidad.
- Soldadura definitiva.



**Fotografía 4.2.1** Armado de Estructura y Tolva de Almacenamiento.



**Fotografía 4.2.2** Trazado y Maquinado de Tapa.

### **4.3 MONTAJE DE LA MÁQUINA.**

El montaje de la máquina será realizado en el siguiente orden:

- Armado y ubicación de la estructura.
- Armado y ubicación de carcasa o tolva.
- Ubicación de chumaceras y rodamientos en carcasa.
- Armado y ubicación de tubo elevador.
- Armado y ubicación del tornillo sin fin.
- Ubicación del motor en la estructura.
- Acople de banda de transmisión.



**Fotografía 4.3.1** Montaje del conducto de descarga y hélice helicoidal.



**Fotografía 4.3.2** Montaje de soporte de motor.

#### 4.4 PRUEBAS DE CAMPO.



**Fotografía 4.4.1** Fotografía con el Director de Tesis.



**Fotografía 4.4.2** Fotografía con el Director de Tesis.



**Fotografía 4.4.3** Fotografía con el Director de Tesis.

Considerando el protocolo de prueba descrito en el capítulo (3) se procede a realizar las pruebas de campo. En la tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos del protocolo de pruebas.

Tabla 4.1 Protocolo de Pruebas

<b>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>			
<b>PRUEBAS DE CAMPO</b>			
<b>FECHA DE PRUEBA:</b>	25 de Septiembre del 2013		
<b>FECHA DE APROBACIÓN:</b>	6 de Octubre del 2013		
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA:</b>	MEZCLADORA DE BALANCEADO		
<b>CAPACIDAD DE LA MAQUINA:</b>	1000Kg/h		
<b>PERSONAL RESPONSABLE:</b>	Ing. Jaime Vargas T. Paúl Fernández Vlucher Quintero		
<b>DIMENSIONES DE LA MAQUINA</b>			
<b>VERIFICACION DE DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MAQUINA</b>			
<b>ELEMENTOS</b>	<b>PASA</b>	<b>NO PASA</b>	
Eje Principal	X		
Aspas de Hélice	X		
Tubo elevador	X		
Tolva o carcaza	X		
Estructura Soporte	X		
<b>VERIFICACION DE DIMENSIONES TOTALES DE LA MAQUINA</b>			
<b>PARAMETROS</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>NO PASA</b>	<b>PASA</b>
Largo	3550mm		X
Diámetro	1000mm		X

Tabla 4.1 (continuación)

<b>FUNCIONAMIENTO EN VACIO</b>			
<b>SISTEMAS</b>	<b>TIEMPO DE PRUEBA</b>	<b>FALLA</b>	<b>NO FALLA</b>
Eléctrico	30 min		X
Transmisión			X
Estructura			X
<b>VERIFICACION DE LA PRODUCCION DEL BALANCEADO MEZCLADO</b>			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>ACEPTABLE</b>	<b>NO ACEPTABLE</b>	
Avance	X		
Calidad	X		
Nivel de ruido	X		
<b>CONCLUSIONES:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al evaluar al prototipo de la mezcladora de balanceado al protocolo de pruebas, se concluye que la geometría de cada uno de los elementos y componentes cumplen con los parámetros y especificaciones con las que se realizó el diseño.</li> <li>• El motor con el que se realizó el protocolo de pruebas cumple con los parámetros funcionales de la máquina.</li> <li>• La homogeneidad de la mezcla obtenida satisface los requerimientos de los pequeños y medianos productores avícolas les señalaron en la encuesta realizada.</li> </ul>			
<b>OBSERVACIONES: Ninguna</b>			
<b>El prototipo Pasa: SI PASA</b>		<b>El prototipo no Pasa:</b>	
<b>FIRMA DE PERSONA(S) RESPONSABLES</b>		<b>FIRMA DE AUTORIZACIÓN</b>	

## **4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Las dimensiones principales del prototipo presentan desviaciones propias de la construcción como pueden ser defectos de corte, soldadura, entre otros; pero que no representan desviaciones considerables con el diseño por lo que se las puede catalogar de aceptables.

El funcionamiento tanto en vacío como a plena carga de los sistemas eléctrico, mecánico y estructural no presenta anomalías, teniendo en cuenta que el funcionamiento en vacío se hizo en media hora y a plena carga en 15 minutos.

El prototipo cumple con todas las especificaciones que solicitan los pequeños avicultores. Las fotografías de las pruebas de campo se presentan en el ANEXO 18.

## CAPITULO V

### ANÁLISIS DE COSTOS

Para el análisis económico es necesario cotizar cada uno de los elementos que conforman el prototipo.

Es importante aclarar que la cotización es una estimación ya que el precio de algunos componentes como son los de aceros y elementos varían de un día a otro; por lo que el costo de la máquina cambia.

#### 5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.

En los costos directos se analizan: materiales directos, elementos directos, costos de maquinado y montaje.

##### 5.1.1 MATERIALES DIRECTOS.

Los costos de materiales directos se presentan en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Costos de materiales directos.

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR (USD)
Eje cilíndrico de acero inoxidable AISI 304. Ø 50.8 mm, l= 3550 mm	1	65	65
Plancha Acero Inoxidable mate 1220x2440x2mm	4	185	740
Plancha Acero Inoxidable mate 1220x2440x1.5mm	2	165	230

Tabla 5.1 (continuación)

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR (USD)
Tubo estructural 40x 20x1.5mm, 9000mm	1	14.20 (6m)	21.3
Varilla acero inoxidable Ø 12.5mm l=4000mm	1	32	32
Subtotal			1028.30

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: FERNÁNDEZ - QUINTERO

### 5.1.2 ELEMENTOS DIRECTOS.

Los costos de los elementos directos se presentan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Costos de elementos directos.

ELEMENTO	CANT.	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Chumaceras	2	75	150
Motor eléctrico Monofásico 1730RPM, 1/2HP	1	120	120
Perno inoxidable Ø 3/8"	6	0.55	3.3
Perno 1/2"	4	0.25	1.0
Tuerca inoxidable 3/8"	12	0.40	4.8
Tuerca 1/2"	4	0.25	1.0
Polea Ø 500mm	1	150	150
Polea Ø 75mm	1	100	100
Banda tipo A, N°122	1	45	45
Subtotal			575.1

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: FERNÁNDEZ – QUINTERO

### 5.1.3 COSTOS DE MAQUINADO

Otro aspecto que se debe considerar para obtener el costo de la máquina es la mano de obra para la construcción, ya que el salario del trabajador se considera en el análisis económico. El valor de los costos se presenta en la tabla 5.3.

**Tabla 5.3.** Costos de mano de obra en máquinas-herramientas.

MÁQUINA	COSTO POR MÁQUINA INCLUIDO MANO DE OBRA (USD/h)	TIEMPO TOTAL (h)	COSTO TOTAL POR MÁQUINA (USD)
Soldadora TIG	12	16	192
Torno	10	2	20
Fresadora	10	1	20
Soldadora Eléctrica	8	6	48
Taladro de pedestal	5	2	10
Roladora	10	2	20
Cizalla	5	5	20
Subtotal			330

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: FERNÁNDEZ – QUINTERO

### 5.1.4 COSTOS DE MONTAJE

Para obtener el costo de montaje se considera la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de cada uno de los subconjuntos y la totalidad de la máquina.

Se considera el trabajo de 2 personas durante 2 días a un costo de 25USD diarios/trabajador, resultando un costo total de 100USD.

### 5.1.5 COSTO DIRECTO TOTAL

En la tabla 5.4 se indica la cantidad total del costo directo.

**Tabla 5.4** Costo directo total.

COSTOS	VALOR (USD)
Materiales directos	1028.3
Elementos directos	575.1
Costo de maquinado	330
Costo de montaje	100
Subtotal	2033.4

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: FERNÁNDEZ – QUINTERO

## 5.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.

Se analizan: materiales indirectos, costo de ingeniería, y gastos indirectos.

### 5.2.1 MATERIALES DIRECTOS

Los costos de materiales indirectos se presentan en la tabla 5.5.

**Tabla 5.5** Costos de materiales indirectos.

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Electrodo ER 308L	1 kg	125/5kg	25
Electrodo 6011 de 4.8mm	1 kg	5/1 kg	5
Argón	4 m <sup>3</sup>	170/8m <sup>3</sup>	85

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: FERNÁNDEZ - QUINTERO

Costos de materiales Indirectos (continuación).

Broca de centros 3.15mm	1	3	3
Lija para hierro	5	0.40	2
Pintura anticorrosiva	1 L	3.50	3.5
Pintura esmalte	1L	4.10	4.1
Thiñer	4 L	1.30	5.2
Guaype	10	0.10	1.0
Subtotal			133.8

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: FERNÁNDEZ - QUINTERO

### 5.2.2 COSTO DE INGENIERIA

Este costo se refiere al tiempo empleado en el diseño de cada uno de los elementos constitutivos de la máquina.

Para el costo de ingeniería se considera el sueldo de un ayudante de laboratorio de la EPN de 330 USD durante 3 meses, el costo total de ingeniería es de 990 USD.

### 5.2.3 GASTOS INDIRECTOS

Los gastos indirectos hacen referencia a costos de movilización de las personas y transporte de materiales para la construcción, montaje de la máquina, y pruebas realizadas. Se estima un valor de 80 USD.

### 5.2.4 COSTO INDIRECTO TOTAL

En la tabla 5.6 se indica la cantidad total del costo indirecto.

**Tabla 5.6** Costo indirecto total.

COSTO	VALOR(USD)
Materiales indirectos	133.8
Costo de ingeniería	990
Gastos indirectos	80
subtotal	1203.8

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: FERNÁNDEZ - QUINTERO

### 5.2.5 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.

**Tabla 5.7** Costo total de la máquina mezcladora de balanceado.

COSTO	VALOR (USD)
Costo directo	2033.4
Costo indirecto	1203.8
TOTAL	3237.2

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: FERNÁNDEZ - QUINTERO

Todos los costos de construcción de la máquina mezcladora de balanceado incluyen IVA, y se obtuvieron a partir de proformas facilitadas por distribuidoras y comercializadoras de la ciudad de Quito, entre estas: Talleres STIC, Iván Bhoman, Import Aceros, Maquinarias Henríquez, Metalmecánica Vallejo. El costo total obtenido resulta bastante accesible y puede ser construido fácilmente.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 CONCLUSIONES**

- El Proyecto de Titulación cumple con el objetivo establecido en el presente Proyecto de Titulación, el cual es la construcción de la máquina Mezcladora de Balanceado con los parámetros funcionales establecidos.
- La máquina Mezcladora de balanceado se puede construir en cualquier taller metalmecánico, su construcción y montaje es sencillo y fácil.
- La máquina puede ser instalada con facilidad en cualquier sitio que se requiera.
- La máquina físicamente proporciona la facilidad para que sea operada por una sola persona.
- Los planos de la máquina se encuentran bajo normas de Dibujo Mecánico por lo que facilitan su construcción y montaje.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Difundir este tipo de proyecto en las pequeñas y medianas empresas avicultoras.
- La tapa de la carcasa debe estar cerrada siempre, pudiendo únicamente ser abierta para mantenimiento.
- Revisar que las conexiones eléctricas se encuentren perfectamente aisladas antes de proceder a encender la máquina.
- Revisar que el espacio entre la hélice del tornillo sin fin y el tubo elevador no sobrepase el límite establecido como máximo.

## CAPITULO VII

### BIBLIOGRAFÍA

- AISC, Manual os Steel Construcción LRDF, 2da edición, USA, 1994
- ALLEN HALL, Teoría y Problemas de Diseño de Máquinas, Colección Shaum, 1980.
- INEN, Código de Dibujo Técnico Mecánico, Quito – Ecuador, 1987
- JUVINALL ROBER, Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica, Ed. Limusa, 1ra. Edición, México, 1991
- MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, Ed. McGraw-Hill, 2da edición, México, 1984
- MIROLIUBOV I., Problemas de Resistencia de Materiales, Ed. Bandeirantes, Sao Paulo, 1985.
- NORMA UNE 58-207-89 “Transportadores de Tornillos Sin Fin”
- NORTON ROBERT, Diseño de Máquinas, Editorial McGraw-Hill, México, 1999.
- SHIGLEY JOSEPH, Diseño en Ingeniería Mecánica, Cuarta Edición, Editorial McGraw Hill, México, 1985
- SINGER & PYTEL, Resistencia de materiales, 4ta edición, Editorial OXFORD, México, 1987
- STIOPIN, Resistencia de Materiales, Ed. Mir, 3ra edición, 1985
- VARGAS, J; Fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N; Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito – Ecuador; 2013.
- VARGAS, J; Producción por Virutaje; E.P.N; Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito – Ecuador; 2013

## CONSULTAS WEB

- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
- <http://es.scribd.com/doc/98710731/Desarrollo-de-Helice-Sobre-Eje-Cilindrico>
- <http://es.scribd.com/doc/86928050/Memoria-Tornillo-Sin-Fin>
- <http://es.scribd.com/doc/24729435/46/Generalidades-en-el-diseno-del-tornillo-transportador>
- <http://www.amevea-ecuador.org/datos/aminoacidos%20digestibles.pdf>
- [http://www.avipunta.com/Alimento\\_pollos\\_de\\_engorde-avipunta.com.htm](http://www.avipunta.com/Alimento_pollos_de_engorde-avipunta.com.htm)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_inoxidable](http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_inoxidable)
- <http://www.todoacero.com.ec/barras-y-perfiles-en-acero-inox..html>
- <http://www.cpbaurum.com/PDF/mez4b566.pdf>
- <https://www.dnp.gov.co/portals/0/archivos/documentos/dde/concentrados.pdf>.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1. FORMATO DE ENCUESTA**

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Encuesta

La presente encuesta tiene como finalidad ayudar a los pequeños y medianos avicultores, mediante la elaboración de su propio balanceado. Para posteriormente construir una máquina capaz mezclar el alimento balanceado para pollos parrilleros.

Nombre: \_\_\_\_\_

Cuestionario

1) ¿Utiliza Ud. Alimento balanceado para alimentar sus pollos parrilleros?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

2) ¿Del siguiente listado de tipos de alimentos que ofrece el mercado marque cuales de los que existen en el mercado ayudan al crecimiento precoz del pollo parrillero?

Tipos de Alimento.	Marque
Granos enteros	
Mezcla mojada y húmeda	
Mezcla seca	
Pelotillas o migajas	
Alimentos mezclados en el hogar	

3) ¿Marque cuál es la cantidad apropiada de balanceado que usted necesita para su criadero de pollos?

Cantidad [Kg]	# Respuestas
0 – 100 Kg	
100 – 250 Kg	
250 – 1000 Kg	

4) ¿Marque de acuerdo a su requerimiento cual debe ser la capacidad de una máquina mezcladora de balanceado?

Capacidad en Kg <sub>hielo</sub> /min.	Marque
250 kg/hora	
500 kg/hora	
250 kg/hora	

5) ¿Ud. estaría dispuesto a adquirir una máquina mezcladora de balanceado?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

Porqué \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ANEXO 2 . FORMATO PROTOCOLO DE PRUEBAS**

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

<b>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>			
<b>PRUEBAS DE CAMPO</b>			
FECHA DE PRUEBA:			
FECHA DE APROBACIÓN:			
NOMBRE DE LA EMPRESA:			
NOMBRE DE LA MAQUINA:			
CAPACIDAD DE LA MAQUINA:			
PERSONAL RESPONSABLE:			
<b>DIMENSIONES DE LA MAQUINA</b>			
<b>VERIFICACION DE DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MAQUINA</b>			
<b>ELEMENTOS</b>	<b>PASA</b>	<b>NO PASA</b>	
Eje Principal			
Cilindro Porta Cuchillas			
Cuchillas			
Plano Inclinado			
Estructura Soporte			
<b>VERIFICACION DE DIMENSIONES TOTALES DE LA MAQUINA</b>			
<b>PARAMETROS</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>NO PASA</b>	<b>PASA</b>
Largo			
Diámetro			
<b>FUNCIONAMIENTO EN VACIO</b>			
<b>SISTEMAS</b>	<b>TIEMPO DE PRUEBA</b>	<b>FALLA</b>	<b>NO FALLA</b>
Eléctrico			
Transmisión			
Estructura			

**PROTOCOLO DE PRUEBAS (continuación)**

<b>VERIFICACION DE LA PRODUCCION DE HIELO PICADO</b>		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>ACEPTABLE</b>	<b>NO ACEPTABLE</b>
Avance		
Calidad		
Tamaño		
<b>CONCLUSIONES:</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b> Ninguna		
<b>El prototipo Pasa:</b>		<b>El prototipo no Pasa:</b>
<b>FIRMA DE PERSONA(S) RESPONSABLES</b>		<b>FIRMA DE AUTORIZACIÓN</b>

**ANEXO 3 . PROPIEDADES MECANICAS AISI 304**

## ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

**1. Descripción:** éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

**2. Normas involucradas:** ASTM A 276

**3. Propiedades mecánicas:** Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)  
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)  
Elongación 30 % (en 50mm)  
Reducción de área 40 %  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>)

**5. Propiedades químicas:** 0.08 % C min  
2.00 % Mn  
1.00 % Si  
18.0 – 20.0 % Cr  
8.0 – 10.5 % Ni  
0.045 % P  
0.03 % S

**6. Usos:** sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

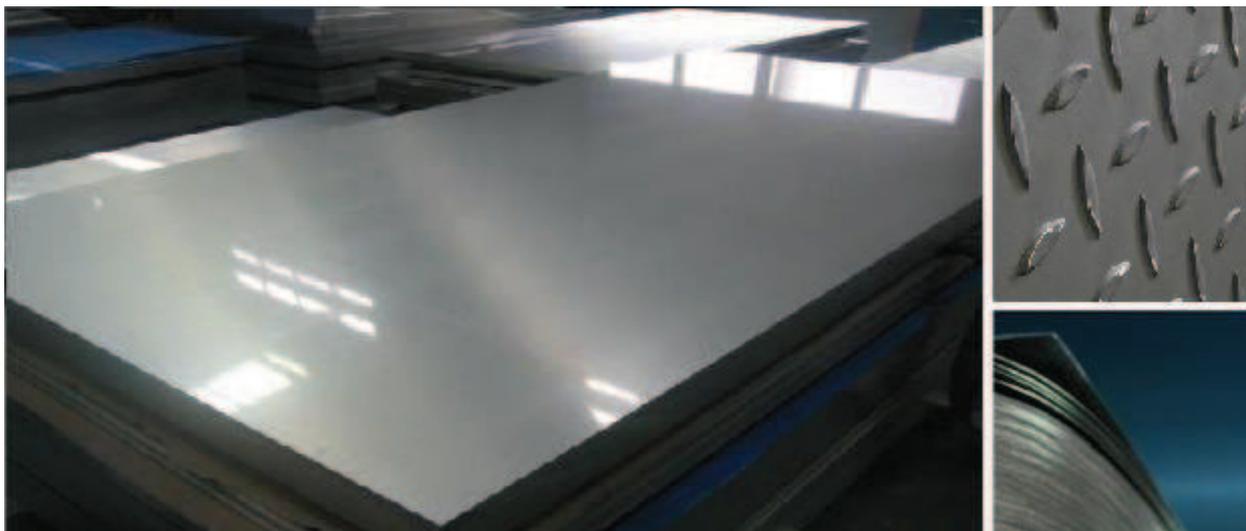
**7. Tratamientos térmicos:** éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

**NOTA:**

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

**ANEXO 4 . PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE**

## BOBINAS Y PLANCHAS



### PESOS TEÓRICOS DE BOBINAS Y PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE POR FORMATO

ESPESOR (mm)	PESO/mt (Kg)	BOBINAS		PLANCHAS			
		1000-Rollo (Kg/mt)	1500-Rollo (Kg/mt)	1000x2000 (Kg)	1000x3000 (Kg)	1500x3000 (Kg)	1500x6000 (Kg)
0.3	2.4						
0.4	3.2	3.2					
0.5	4.0	4.0		8.0	12.0		
0.6	4.8	4.8	9.6	9.6	14.4		
0.8	6.4	6.4	9.6	12.8	19.2	28.8	
1	8.0	8.0	12.0	16.0	24.0	36.0	
1.2	9.6	9.6	14.4	19.2	28.8	43.2	
1.5	12.0	12.0	18.0	24.0	36.0	54.0	
2	16.0	16.0	24.0	32.0	48.0	72.0	
2.5	20.0	20.0	30.0	40.0	60.0	90.0	
3	24.0	24.0	36.0	48.0	72.0(*)	108.0	
4	32.0				96.0	144.0	288.0
5	40.0				120.0	180.0	360.0
6	48.0				144.0	216.0	432.0
8	64.0				192.0	288.0	576.0
10	80.0					360.0	720.0
12	96.0					432.0	864.0
16	128.0					576.0	1152.0
20	160.0					720.0	1440.0
25	200.0					900.0	
32	256.0					1152.0	

(\*\*) Parte plana y con diamante, respectivamente.

#### NORMA

ASTM

A240/240M,

A666

Certificados de Inspección: EN 10204 3.1.B/DIN 50049 3.1.B

Bobinas: AISI

430,

304

Y

316L

Espesores: de

0.4

a

3

mm

Formatos: 1000

y

1500

mm

Calidad

superficial: No.

2B

Con y sin film protector (PVC, PF4)

---

**Planchas:** AISI 430, 304, 304L Y 316L  
**Espesores:** de 0.5 a 32 mm  
**Formatos:** 1000 x 2000, 1000 x 3000, 1500 x 3000 y 1500 x 6000 mm  
**Calidad superficial:** No. 2B  
 Con y sin film protector (PVC, PF4)

---

**Planchas Diamantadas:** AISI 304L  
**Espesor:** 3.0 - 4.4 mm (\*\*)  
**Formato:** 1000 x 3000 mm  
**Calidad superficial:** No. 1

**ANEXO 5. COEFICIENTE DE LLENADO**

<b>Tipo de carga</b>	<b><math>\lambda</math></b>
<b>Pesada y abrasiva</b>	<b>0,125</b>
<b>Pesada poco abrasiva</b>	<b>0,25</b>
<b>Ligera poco abrasiva</b>	<b>0,32</b>
<b>Ligera no abrasiva</b>	<b>0,4</b>

## **ANEXO 6. DIÁMETRO MINIMO DE POLEAS**

Tabla 8. Diámetros mínimos de poleas						
Diámetro polea (mm)	Z	A	B	C	D	E
60	V					
63	R					
67	V					
71	R	V				
75	V	V				
80	R	V				
90	V	R				
95		V				
100	R	R				
106		V				
112	V	R	V			
118		V	V			
125	R	R	V			
132		V	V			
140	V	R	R			
150	V	V	V			
160	R	R	R			
170			V			
180	V	R	R	V		
200	R	R	R	R		
212				V		
224	V	V	V	R		
236				V		
250	V	R	R	R		
265				V		
280		V	V	R		
300		V	V	V		
315		R	R	R		
355		V	V	V	R	
375			V	V	V	
400		R	R	R	R	
425					V	
450		V	V	V	R	
475					V	
500		R	R	R	R	R
530						V
560		V	V	V	V	R
600			V	V	V	V
630		R	R	R	R	R
670						V
710		V	V	V	V	R
750			V	V	V	
800			R	R	R	R
900			V	V	V	V
1000			R	R	R	R
1060					V	
1120				V	V	V
1250				R	R	R
1400				V	V	V
1500					V	V
1600				R	R	R
1800					V	V
1900						V
2000					R	R
2240						V
2500						R

**ANEXO 7. LONGITUD PRIMITIVA ACORDE A LA SECCION DE  
LA CORREA**

10/09/13

longitudprimitiva.jpg (971x7971)

Longitud primitiva nominal						
Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
15	-	414	-	-	-	-
16	-	439	-	-	-	-
17	-	465	-	-	-	-
18	482	490	-	-	-	-
19	508	516	-	-	-	-
20	533	541	-	-	-	-
21	558	566	-	-	-	-
22	584	592	-	-	-	-
23	609	618	-	-	-	-
24	635	641	-	-	-	-
25	660	670	-	-	-	-
26	685	694	-	-	-	-
27	711	718	-	-	-	-
28	735	756	-	-	-	-
29	762	774	771	-	-	-
30	787	794	796	-	-	-
31	812	822	822	-	-	-
32	838	853	859	-	-	-
33	863	880	870	-	-	-
34	889	906	899	-	-	-
35	914	922	928	-	-	-
36	939	954	962	-	-	-
37	965	978	981	-	-	-
38	990	1001	1004	-	-	-
39	1016	1029	1032	-	-	-
40	1041	1052	1054	-	-	-

Longitud primitiva nominal						
Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
41	1066	1075	1086	-	-	-
42	1092	1106	1100	-	-	-
43	1117	1134	1140	-	-	-
44	1143	1153	1156	1191	-	-
45	1168	1186	1184	1217	-	-
46	1193	1199	1204	1242	-	-
47	1219	1232	1237	1267	-	-
48	1244	1262	1268	1293	-	-
49	1270	1280	1288	1318	-	-
50	1295	1306	1318	1344	-	-
51	1320	1330	1328	1357	-	-
52	1346	1354	1367	1394	-	-
53	1371	1381	1392	1429	-	-
54	1397	1405	1410	1442	-	-
55	1422	1429	1443	1460	-	-
56	1447	1459	1460	1497	-	-
57	1473	1492	1491	1527	-	-
58	1498	1507	1512	1550	-	-
59	1524	1532	1541	1576	-	-
60	1549	1556	1556	1598	-	-
61	-	1584	1601	1623	-	-
62	-	1605	1626	1648	-	-
63	-	1633	1641	1674	-	-
64	-	1658	1674	1699	-	-
65	-	1683	1695	1725	-	-
66	-	1714	1724	1745	-	-
67	-	1742	1743	1775	-	-
68	-	1767	1770	1788	-	-
69	-	1785	1794	1826	-	-
70	-	1813	1818	1847	-	-
71	-	1841	1846	1877	-	-
72	-	1862	1878	1897	-	-
73	-	1887	1900	1928	-	-
74	-	1913	1924	1953	-	-
75	-	1937	1947	1979	-	-
76	-	1963	1973	1989	-	-
77	-	1989	1999	2015	-	-
78	-	2013	2024	2042	-	-
79	-	2033	2043	2068	-	-
80	-	2065	2075	2094	-	-
81	-	2093	2103	2119	-	-

jemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/longitudprimitiva.jpg

10/09/13

longitudprimitiva.jpg (971x7971)

82	-	2116	2126	2145	-	-
83	-	2133	2151	2170	-	-
84	-	2167	2177	2196	-	-
85	-	2193	2203	2221	-	-
86	-	2220	2230	2247	-	-
87	-	2245	2258	2273	-	-
88	-	2273	2283	2299	2313	-
89	-	2299	2304	2326	2339	-
90	-	2319	2329	2348	2366	-
91	-	2344	2355	2374	2392	-
92	-	2370	2380	2400	2418	-
93	-	2393	2403	2422	2445	-
94	-	2421	2431	2448	2471	-
95	-	2446	2456	2475	2497	-
96	-	2471	2481	2500	2523	-
97	-	2497	2508	2524	2550	-
98	-	2533	2543	2562	2576	-
99	-	2554	2558	2587	2602	-
100	-	2573	2583	2602	2629	-
101	-	2599	2609	2622	2655	-
102	-	2624	2643	2653	2681	-
103	-	2650	2659	2679	2707	-
104	-	2683	2693	2704	2726	-
105	-	2700	2710	2729	2752	-
106	-	2726	2743	2754	2778	-
107	-	2758	2761	2780	2805	-
108	-	2776	2793	2812	2831	-
109	-	2802	2819	2838	2857	-
110	-	2833	2843	2862	2876	-

Longitud primitiva nominal						
Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
111	-	2859	2869	2888	2902	-
112	-	2878	2888	2907	2928	-
113	-	2903	2914	2933	2954	-
114	-	2929	2943	2959	2981	-
115	-	2954	2964	2983	3007	-
116	-	2979	2993	3012	3033	-
117	-	3005	3019	3038	3059	-
118	-	3033	3043	3062	3076	-
119	-	3059	3069	3088	3102	-
120	-	3081	3091	3110	3124	-
121	-	3107	3117	3136	3150	-
122	-	3132	3142	3162	3176	-
123	-	3158	3168	3188	3202	-
124	-	3183	3193	3212	3226	-
125	-	3209	3218	3238	3252	-
126	-	3234	3245	3264	3278	-
127	-	3260	3270	3290	3304	-
128	-	3283	3293	3312	3327	-
129	-	3309	3320	3338	3353	-
130	-	3335	3345	3364	3379	-
131	-	3361	3370	3390	3405	-
132	-	3383	3393	3412	3431	-
133	-	3409	3421	3438	3457	-
134	-	3437	3450	3466	3483	-
135	-	3463	3472	3492	3509	-
136	-	3487	3493	3518	3530	-
137	-	3513	3519	3544	3551	-
138	-	3538	3548	3570	3577	-
139	-	3564	3570	3596	3603	-
140	-	3583	3593	3612	3626	-
141	-	3609	3619	3638	3652	-
142	-	3634	3644	3669	3678	-
143	-	3660	3670	3695	3704	-
144	-	3691	3701	3720	3734	-
145	-	3717	3727	3746	3760	-
146	-	3742	3751	3772	3786	-
147	-	3770	3780	3795	3812	-
148	-	3783	3793	3812	3838	-
149	-	3809	3819	3838	3864	-
150	-	3834	3853	3872	3890	-

[ngemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/longitudprimitiva.jpg](http://ngemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/longitudprimitiva.jpg)

27

**ANEXO 8. FACTOR DE CORRECCION DEL LARGO DE LAS  
CORREAS**

factorfel.jpg (JPEG Imagen, 974x1213 pixels)

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/factorfel.jpg>

Sección de la correa						
Longitud correa	Z	A	B	C	D	E
16	0.80	-	-	-	-	-
24	0.83	-	-	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-	-	-
31	0.89	0.84	-	-	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-	-	-
38	0.93	0.88	0.83	-	-	-
42	0.95	0.90	0.85	-	-	-
46	0.97	0.92	0.87	-	-	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80	-	-
55	1.00	0.96	0.90	0.81	-	-
60	-	0.98	0.92	0.82	-	-
68	-	1.00	0.95	0.85	-	-
75	-	1.02	0.97	0.87	-	-
80	-	1.04	0.98	0.89	-	-
81	-	1.04	0.98	0.89	-	-
85	-	1.05	0.99	0.90	-	-
90	-	1.06	1.00	0.91	-	-
96	-	1.08	1.02	0.92	-	-
97	-	1.08	1.02	0.92	-	-
105	-	1.10	1.04	0.94	-	-
112	-	1.11	1.05	0.95	-	-
120	-	1.13	1.07	0.97	0.86	-
128	-	1.14	1.08	0.98	0.87	-
144	-	-	1.11	1.00	0.90	-
158	-	-	1.13	1.02	0.92	-
173	-	-	1.15	1.04	0.93	-
180	-	-	1.16	1.05	0.94	0.91
195	-	-	1.18	1.07	0.96	0.92
210	-	-	1.19	1.08	0.98	0.94
240	-	-	1.22	1.11	1.00	0.96
270	-	-	1.25	1.14	1.03	0.99
300	-	-	1.27	1.16	1.05	1.01
330	-	-	-	1.19	1.07	1.03
360	-	-	-	1.21	1.09	1.05
390	-	-	-	1.23	1.11	1.07
420	-	-	-	1.24	1.12	1.09
480	-	-	-	-	1.16	1.12
540	-	-	-	-	1.18	1.14
600	-	-	-	-	1.20	1.17
660	-	-	-	-	1.23	1.19

**ANEXO 9. FACTOR DE CORRECCION DE ARCO DE CONTACTO**

factorica.jpg (JPEG imagen, 950x1218 pixels)

<http://ingemecanica.com/tutoriatsemanal/objetos/hgutat121/factorica.jpg>

Factor de corrección		
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83
144°	0.90	0.83
140°	0.89	0.84
137°	0.88	0.85
134°	0.87	0.85
130°	0.86	0.86
127°	0.85	0.85
124°	0.84	0.84
120°	0.82	0.82
118°	0.81	0.81
115°	0.80	0.80
113°	0.79	0.79
110°	0.78	0.78
108°	0.77	0.77
106°	0.77	0.77
104°	0.76	0.76
102°	0.75	0.75
100°	0.74	0.74
98°	0.73	0.73
96°	0.72	0.72
94°	0.71	0.71
92°	0.70	0.70
90°	0.69	0.69

**ANEXO 10. PRESTACIÓN BASE**

Sección Z														Prestación Base (en HP)								Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)							
Nº R.P.M. De la ptoea menor	Diámetro primitivo de la ptoea menor (mm)													1.02 al 1.04	1.05 al 1.08	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.51	1.52 al 1.99	2.00 y sobre							
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100										110						
1160	0.15	0.24	0.32	0.40	0.49	0.57	0.65	0.74	0.82	0.89	0.97	1.05	1.13	1.28	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07						
1750	0.19	0.31	0.43	0.55	0.67	0.79	0.91	1.02	1.14	1.25	1.36	1.47	1.58	1.80	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11						
3450	0.22	0.44	0.66	0.88	1.08	1.28	1.48	1.67	1.86	2.04	2.22	2.39	2.55	2.85	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.18	0.20	0.22	0.22						
200	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.23	0.25	0.28	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01						
400	0.07	0.11	0.14	0.17	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.42	0.45	0.51	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02						
600	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.33	0.38	0.42	0.47	0.51	0.56	0.60	0.64	0.73	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04						
800	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60	0.65	0.71	0.77	0.82	0.94	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05						
1000	0.14	0.21	0.29	0.36	0.43	0.51	0.58	0.65	0.72	0.79	0.86	0.93	1.00	1.13	0.00	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06						
1200	0.15	0.24	0.33	0.42	0.50	0.59	0.67	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.32	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07						
1400	0.17	0.27	0.37	0.47	0.57	0.66	0.76	0.86	0.95	1.05	1.14	1.23	1.32	1.50	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09						
1600	0.18	0.29	0.41	0.52	0.63	0.74	0.85	0.95	1.06	1.16	1.27	1.37	1.47	1.67	0.01	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10						
1800	0.19	0.31	0.44	0.57	0.68	0.81	0.93	1.05	1.16	1.28	1.39	1.51	1.62	1.84	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11						
2000	0.20	0.34	0.47	0.61	0.74	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.99	0.01	0.04	0.06	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13						
2200	0.20	0.36	0.51	0.65	0.80	0.94	1.08	1.22	1.36	1.50	1.63	1.76	1.89	2.14	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.14						
2400	0.21	0.37	0.54	0.69	0.85	1.00	1.16	1.30	1.45	1.60	1.74	1.88	2.01	2.28	0.02	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.14	0.15	0.15						
2600	0.22	0.39	0.56	0.73	0.90	1.06	1.22	1.38	1.54	1.69	1.84	1.99	2.13	2.41	0.02	0.05	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.16						
2800	0.22	0.41	0.59	0.77	0.95	1.12	1.29	1.46	1.62	1.78	1.94	2.08	2.24	2.53	0.02	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18						
3000	0.22	0.42	0.61	0.80	0.99	1.17	1.35	1.53	1.70	1.87	2.03	2.19	2.35	2.64	0.02	0.06	0.09	0.11	0.14	0.16	0.18	0.19	0.19						
3200	0.22	0.43	0.64	0.84	1.03	1.22	1.41	1.60	1.77	1.95	2.12	2.28	2.44	2.74	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.17	0.19	0.20	0.20						
3400	0.22	0.44	0.66	0.87	1.07	1.27	1.47	1.66	1.84	2.02	2.20	2.37	2.53	2.83	0.03	0.07	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22						
3600	0.22	0.45	0.68	0.90	1.11	1.32	1.52	1.72	1.91	2.09	2.27	2.44	2.61	2.91	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.21	0.22	0.23						
3800	0.22	0.46	0.70	0.92	1.14	1.36	1.57	1.77	1.97	2.15	2.34	2.51	2.67	2.97	0.03	0.07	0.11	0.15	0.17	0.20	0.22	0.24	0.24						
4000	0.22	0.47	0.71	0.95	1.18	1.40	1.62	1.82	2.02	2.21	2.40	2.57	2.73	3.03	0.03	0.08	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.25	0.25						
4200	0.21	0.47	0.73	0.97	1.21	1.43	1.66	1.87	2.07	2.26	2.45	2.62	2.78	3.07	0.03	0.08	0.12	0.16	0.19	0.22	0.24	0.26	0.27						
4400	0.21	0.48	0.74	0.99	1.23	1.47	1.69	1.91	2.11	2.31	2.49	2.66	2.82	3.10	0.04	0.09	0.13	0.17	0.20	0.23	0.26	0.28	0.28						
4600	0.21	0.48	0.75	1.01	1.26	1.50	1.73	1.94	2.15	2.34	2.53	2.69	2.85	3.11	0.04	0.09	0.14	0.18	0.21	0.24	0.27	0.29	0.29						
4800	0.20	0.48	0.76	1.03	1.28	1.53	1.76	1.97	2.18	2.37	2.55	2.72	2.86	3.11	0.04	0.10	0.14	0.19	0.22	0.25	0.28	0.30	0.31						
5000	0.19	0.48	0.77	1.04	1.30	1.55	1.78	2.00	2.21	2.40	2.57	2.73	2.87	3.09	0.04	0.10	0.15	0.19	0.23	0.26	0.29	0.31	0.32						
5200	0.18	0.48	0.77	1.05	1.31	1.56	1.80	2.02	2.23	2.41	2.58	2.73	2.86	3.06	0.04	0.10	0.16	0.20	0.24	0.28	0.31	0.33	0.33						
5400	0.17	0.48	0.78	1.06	1.33	1.58	1.82	2.04	2.24	2.42	2.58	2.72	2.84	-	0.05	0.11	0.16	0.21	0.25	0.29	0.32	0.34	0.34						
5600	0.16	0.47	0.78	1.07	1.34	1.59	1.83	2.05	2.24	2.42	2.57	2.70	2.81	-	0.05	0.11	0.17	0.21	0.26	0.30	0.33	0.35	0.36						
5800	0.14	0.47	0.78	1.07	1.34	1.60	1.83	2.05	2.24	2.41	2.56	2.67	-	-	0.05	0.12	0.17	0.22	0.27	0.31	0.34	0.36	0.37						
6000	0.13	0.46	0.78	1.07	1.35	1.60	1.84	2.05	2.23	2.40	2.53	2.63	-	-	0.05	0.12	0.18	0.23	0.28	0.32	0.35	0.38	0.38						

Sección A														Prestación Base (en HP)								Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)							
Nº R.P.M. De la ptoea menor	Diámetro primitivo de la ptoea menor (mm)													1.00 al 1.01	1.02 al 1.04	1.05 al 1.08	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.51	1.52 al 1.99	2.00 y sobre						
	96	71	76	81	86	91	96	102	107	112	117	122	127																
1160	0.54	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20						
1750	0.68	0.90	1.11	1.32	1.53	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.72	2.91	3.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29						
3450	0.85	1.21	1.57	1.91	2.25	2.57	2.88	3.19	3.48	3.76	4.02	4.28	4.52	0.00	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58						
200	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03						
400	0.26	0.32	0.38	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.77	0.82	0.88	0.93	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07						
600	0.35	0.43	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.23	1.31	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10						
800	0.43	0.53	0.64	0.75	0.85	0.95	1.06	1.16	1.26	1.37	1.47	1.57	1.67	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13						
1000	0.49	0.62	0.75	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.88	2.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17						
1200	0.55	0.71	0.86	1.01	1.16	1.31	1.46	1.60	1.75	1.89	2.04	2.18	2.32	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20						
1400	0.61	0.78	0.96	1.13	1.30	1.47	1.64	1.81	1.97	2.14	2.30	2.46	2.62	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.24						
1600	0.65	0.85	1.05	1.24	1.43	1.62	1.81	2.00	2.18	2.37	2.55	2.73	2.90	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27						
1800	0.69	0.91	1.13	1.34	1.56	1.77	1.97	2.18	2.38	2.58	2.78	2.97	3.17	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.17	0.20	0.24	0.27	0.30						
2000	0.73	0.97	1.21	1.44	1.67	1.90	2.12	2.35	2.57	2.78	2.99	3.20	3.41	0.00	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26	0.30	0.34						
2200	0.76	1.02	1.28	1.53	1.78	2.02	2.26	2.50	2.74	2.97	3.19	3.42	3.64	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37						
2400	0.79	1.07	1.34	1.61	1.88	2.14	2.39	2.65	2.89	3.14	3.38	3.61	3.84	0.00	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.27	0.31	0.36	0.40						
2600	0.81	1.11	1.40	1.69	1.97	2.24	2.51	2.78	3.04	3.29	3.54	3.78	4.02	0.00	0.05	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44						
2800	0.83	1.14	1.45	1.75	2.05	2.34	2.62	2.90	3.17	3.43	3.69	3.94	4.18	0.00	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.37	0.42	0.47						
3000	0.84	1.17	1.49	1.81	2.12	2.42	2.72	3.00	3.26	3.55	3.81	4.07	4.31	0.00	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50						
3200	0.85	1.19	1.53	1.86	2.18	2.49	2.80	3.09	3.38	3.66	3.92	4.18	4.42	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42								

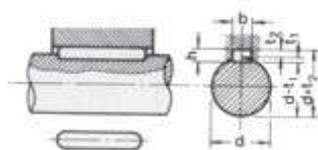
**ANEXO 11. TABLAS DE CHAVETAS**

**DIMENSIONES CHAVETEROS Y CHAVETAS S/DIN**  
**6885/1 - 6886 y 6887**  
*STANDARD KEYWAYS S/DIN 6885/1 - 6886 and*  
**6887**

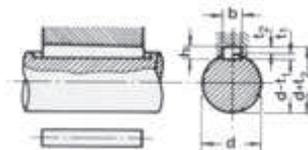


INICIO  
HOME

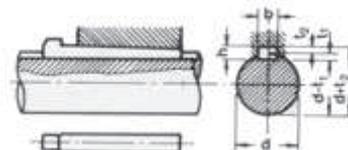
PRODUCTO  
PRODUCT



Chaveta paralela  
S/DIN-6885/1



Chaveta de cuña  
S/DIN-6886



Chaveta de cuña con cabeza  
S/DIN-6887

Ø eje d mm desde- hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas del chavetero en el eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda		
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887		t <sub>1</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m	Ø m/m desde- hasta	Tol. H-7 m/m	
		d + t <sub>2</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m	d + t <sub>2</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m					
17-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	3,5	+0,2	10-18	+0,018 0	
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1				
30-38	10x8	d+3,4	+0,2	d+2,8	+0,2	4,7		30-50	+0,025 0	
38-44	12x8	d+3,2		d+2,6		4,9				
44-50	14x9	d+3,6		d+2,9		5,5		50-80	+0,030 0	
50-58	16x10	d+3,9		d+3,2		6,2				
58-65	18x11	d+4,3		d+3,5		6,8		80-120	+0,035 0	
65-75	20x12	d+4,7		d+3,9		7,4				
75-85	22x14	d+5,6		d+4,8		8,5		120-180	+0,040 0	
85-95	25x14	d+5,4		d+4,6		8,7				
95-110	28x16	d+6,2		+0,3		d+5,4	+0,3	9,9	180-250	+0,046 0
110-130	32x18	d+7,1				d+6,1		11,1		
130-150	36x20	d+7,9	d+6,9		12,3	250-315		+0,052 0		
150-170	40x22	d+8,7	d+7,7		13,5					
170-200	45x25	d+9,9	d+8,9		15,3	315-400		+0,057 0		
200-230	51x28	d+11,2	d+10,1		17					
230-260	56x32	d+12,9	d+11,8		19,3	400-500		+0,063 0		
260-290	63x32	d+12,6	d+11,5		19,6					

Zonas de tolerancia en el ancho de los chaveteros		
Tipo de ajuste	chavetero eje	chavetero rueda
A presión (forzado) <i>forced</i>	P9	P9
Ligero	N9	J9
Deslizante	H8	D10

La chaveta deberá dimensionarse de manera que pueda transmitir el mismo momento o par de torsión que el eje correspondiente. Por ello, la longitud de dicha chaveta deberá ser, como mínimo, igual a 1,5 veces el diámetro del eje. Los chaveteros de eje y rueda deberán tener bordes redondeados (En todos los sentidos) para evitar la formación de grietas y posteriores roturas.

Tabla 8-20 Dimensiones en pulgadas para algunas aplicaciones de cuñas cuadradas y rectangulares estándar. Fuente. Joseph e. Shigley, "Unthreaded Fasteners", capítulo 22, en Joseph E. Shigley and Charles R. Mischke (eds.), Standard Handbook of Machine design, 2da. Ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1996.

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		
Más de	Hasta(inclusive)	w	h	Profundidad del cuñero
5/16	7/16	3/32	3/32	3/64
7/16	9/16	1/8	3/32	3/64
		1/8	1/8	1/16
9/16	7/8	3/16	1/8	1/16
		3/16	3/16	3/32
7/8	1 1/4	1/4	3/16	3/32
		1/4	1/4	1/8
1 1/4	1 3/8	5/16	1/4	1/8
		5/16	5/16	5/32
1 3/8	1 3/4	3/8	1/4	1/8
		3/8	3/8	3/16
1 3/4	2 1/4	1/2	3/8	3/16
		1/2	1/2	1/4
2 1/4	2 3/4	5/8	7/16	7/32
		5/8	5/8	5/16
	3 1/4	3/4	1/2	1/4
2 3/4		3/4	3/4	3/8

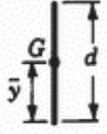
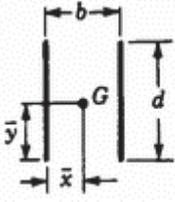
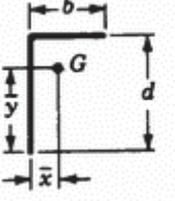
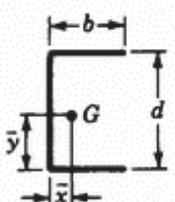
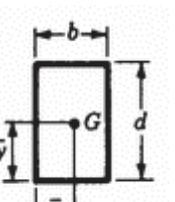
**ANEXO 12. PROPIEDADES DEL SAE 1018**

Tabla A-17 PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS

Los valores indicados para aceros laminados en caliente (HR, hot-rolled) y estirados en frío (CD, cold-drawn) son valores mínimos estimados que suelen esperarse en el Intervalo de tamaños de  $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{4}$  pulg. Un valor mínimo está aproximadamente varias desviaciones estándares por debajo de la media aritmética. Los valores mostrados para aceros con tratamiento térmico son los llamados valores típicos. Un valor típico no es el medio ni el mínimo. Puede obtenerse mediante un control cuidadoso de las especificaciones de compra y el tratamiento térmico, junto con la inspección y ensayo continuos. Las propiedades indicadas en esta tabla provienen de varias fuentes y se cree que son representativas. Sin embargo, hay tantas variables que afectan estas propiedades que su naturaleza aproximada debe reconocerse claramente.

Número UNS	Número AISI	Procesamiento	Resistencia de fluencia kpsi	Resistencia a la tensión kpsi	Elongación en 2 pulg %	Reducción en área %	Dureza Brinell H <sub>B</sub>
G10100	1010	HR	26	47	28	50	95
		CD	44	53	20	40	105
G10150	1015	HR	27	50	28	50	101
		CD	47	56	18	40	111
G10180	1018	HR	32	58	25	50	116
		CD	54	64	15	4	126
G10350	1035	HR	33	56	25	45	121
		CD	60	78	10	35	167
		HR	39	72	18	40	143
		CD	67	80	12	35	163
G10400	1040	Estirado a 800°F	81	110	18	51	220
		Estirado a 1000°F	72	103	23	59	201
		Estirado a 1200°F	62	91	27	66	180
		CD	42	75	18	40	149
G10450	1045	Estirado a 1000°F	71	85	12	35	170
		HR	86	113	23	62	235
		CD	45	82	16	40	163
G10500	1050	HR	77	91	12	35	179
		CD	49	90	15	35	179
		CD	84	100	10	30	197

**ANEXO 13. PROPIEDADES A LA TORSIÓN DE SOLDADURA DE  
FILETE**

PROPIEDADES A LA TORSION DE SOLDADURAS DE FILETE			
Soldadura	Área de garganta	Localización de G	Momento Polar de inercia unitario
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(b+d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{2bd + d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b+d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
	$A = 1.414h(b+d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$A = 1.414\pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

**ANEXO 14. FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA A LA  
FATIGA.**

- **Factor de acabado superficial**

$$K_a = aS_{ut}^b$$

Acabado superficial	a		b
	kpsi	MPa	
Esmerilado (rectificado)	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Forjado	39.9	272.0	-0.995

- **Coeficiente de temperatura**

Por lo común las pruebas a la fatiga se hacen a la temperatura ambiente. A bajas temperaturas la tenacidad a la fatiga se reduce y a temperaturas moderadamente altas se incrementa. Pero a altas temperaturas desaparece el codo límite de resistencia a la fatiga (materiales ferrosos) haciendo que la resistencia a la fatiga siga declinando con el número de ciclos. Para temperaturas cercanas o por encima del 50% de la temperatura de fusión del material, la termofluencia se hace significativa, y el procedimiento de diseño de esfuerzo-vida ya no es válido (falla primero por fluencia que por fatiga).

Temperatura	$C_{\text{temperatura}}$
$T \leq 450^\circ\text{C}$	1.0
$450 < T \leq 550^\circ\text{C}$	$1 - 0.0058(T - 450^\circ\text{C})$

- **Coefficiente de confiabilidad**

Las medidas son datos estadísticos, por lo tanto hay un error inherente en los valores nominales dados:

<b>Confiabilidad</b>	<b>C<sub>confiabilidad</sub></b>
50.0%	1.000
90.0%	0.897
99.0%	0.814
99.9%	0.753
99.99%	0.702
99.999%	0.659

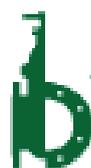
- **Coefficiente de temperatura K<sub>d</sub>.**

<b>T °C</b>	<b>k<sub>d</sub></b>	<b>T °C</b>	<b>k<sub>d</sub></b>
20	1.000	300	0.975
50	1.010	350	0.927
100	1.020	400	0.922
150	1.025	450	0.840
200	1.020	500	0.766
250	1.000	550	0.670
		600	0.546

**ANEXO 15. FACTOR KF EN JUNTAS SOLDADAS.**

Tipo de Soldadura	Kf
• A tope, con refuerzo	1.2
• De filete transversal, en la punta.	1.5
• De filetes longitudinales paralelos, en el extremo.	2.7 2.0
• A tope en T, con esquinas agudas.	

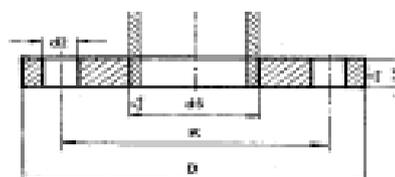
## **ANEXO 16. DIMENSIONES DE BRIDAS**



# SUSEVAL

SUMINISTRADOR DE SELLOS Y BRIDAS DE VÁLVULAS

Morfo del Pilar Vázquez Huerta  
Primavera, 13 - 2º A  
41009 Sevilla  
Tel. y Fax: 95435 3900  
E-mail: suseval@telefonos.net  
NF: B0562097-0



## DIMENSIONES BRIDAS PLANAS DIN-2576 PN-10

TUBO		BRIDA				TORNILLOS		
DN	d1 ISO	d5	D	b1	K	Canf.	Rosca	d2
15	21,3	22,0	95	14	65	4	M12	14
20	26,9	27,6	105	16	75	4	M12	14
25	33,7	34,4	115	16	85	4	M12	14
32	42,4	43,1	140	16	100	4	M16	18
40	48,3	49,0	150	16	110	4	M16	18
50	60,3	61,1	165	18	125	4	M16	18
65	76,1	77,1	185	18	145	4	M16	18
80	88,9	90,3	200	20	160	4	M16	18
100	114,3	115,9	220	20	180	8	M16	18
125	139,7	141,6	250	22	210	8	M16	18
150	168,3	170,5	285	22	240	8	M20	22
200	219,1	221,8	340	24	295	8	M20	22
250	273,0	276,2	395	26	350	12	M20	22
300	323,9	327,6	445	26	400	12	M20	22
350	355,6	359,7	505	28	460	16	M20	22
400	406,4	411,0	565	32	515	16	M24	26
450	457,0	462,3	615	38	565	20	M24	26
500	508,0	513,6	670	38	620	20	M24	26
600	610		780		725	20	M27	30
700	711		895		840	24	M27	30
800	813		1015		950	24	M30	33
900	914		1115		1050	28	M30	33
1000	1016		1230		1160	28	M33	36

Dimensiones en mm.

## DIMENSIONES BRIDAS PLANAS DIN-2502 PN-16

TUBO		BRIDA				TORNILLOS		
DN	d1 ISO	d5	D	b1	K	Canf.	Rosca	d2
80	88,9	90,3	200	20	160	8	M16	18
200	219,1	221,8	340	24	295	12	M20	22
250	273,0	276,2	405	26	355	12	M24	26
300	323,9	327,6	460	28	410	12	M24	26
350	355,6	359,7	520	30	470	16	M24	26
400	406,4	411,0	580	32	525	16	M27	30
500	508,0	513,6	715	38	650	20	M30	33

Dimensiones en mm.

## **ANEXO 17. MOTORES MONOFÁSICOS.**

## Ejecución B3



Este tipo de motor está diseñado con un alto par de arranque y baja corriente de arranque, para aplicaciones que requieran arranques con carga, tales como compresores de aire, ventiladores radiales, reductores de velocidad, máquinas herramientas, etc.

Se distinguen por tener eje con chavetero y cuña para la colocación de poleas o embragues, velocidad de 1800 rpm. y montaje horizontal o vertical a través de una base con perforaciones según norma NEMA ó IEC, posibilitando su uso en máquinas con bases tanto americanas como europeas.

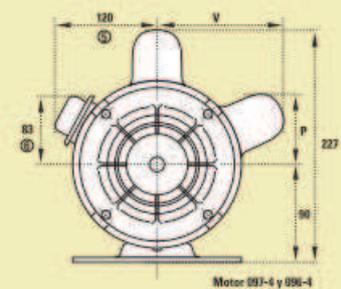
## Datos técnicos

Tipo 1RF3	Potencia nominal	Factor de servicio	Corriente con factor de servicio (A)		Velocidad con factor de servicio RPM	Rendimiento %	Cos $\phi$	Par nominal Nm	Corriente de arranque en % de la cte. nominal	Condensador de arranque $\mu\text{f}$	No. de depósito	Código SAP
	HP		115V	230V								
092-4YB90	1/3	1,35	7,0	3,5	1730	59	0,57	1,373	382	216 - 259	887403	26516
093-4YB90	1/2	1,25	9,0	4,5	1730	68	0,63	2,059	434	216 - 259	887405	26517
094-4YB90	3/4	1,25	13,6	6,8	1725	69	0,63	3,098	364	324 - 389	887407	26518
095-4YB90	1,0	1,15	16,2	8,1	1720	68	0,65	4,142	411	540 - 648	887410	26520
096-4YB90	1,5	1,15	22,8	11,4	1720	72	0,68	6,213	398	540 - 648	887415	26522
097-4YB90	2,0	1,15	27,6	13,8	1720	70	0,77	8,284	407	540 - 648	887420	26523

- 1) En este motor se adiciona un condensador de marcha de 10  $\mu\text{f}$ .  
2) En este motor se adiciona un condensador de marcha de 40  $\mu\text{f}$ .

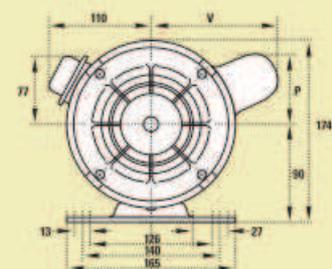
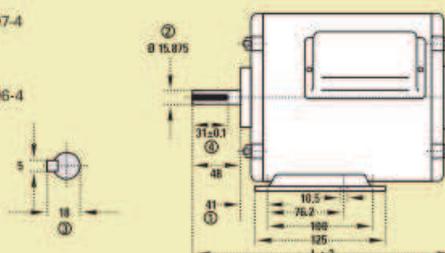
## Dimensiones generales (en milímetros)

Tipo 1RF3	Potencia HP	L	p	v	Peso (Kg)
092 - 4	1/3	242	66	116	8.04
093 - 4	1/2	242	66	116	9.40
094 - 4	3/4	268	73	125	10.90
095 - 4	1.0	268	73	125	12.50
096 - 4	1.5	287	66	116	15.20
097 - 4	2.0	293	73	125	18.70



Nota:  
Para el motor tipo 097-4  
① 70    ③ 25  
② 22    ④ 35

Para el motor tipo 096-4  
① 70    ⑥ 77  
⑤ 110



**ANEXO 18. CONSUMO DE ALIMENTO.**

CONSUMO DE ALIMENTO		
Cantidad de aves:		200
Días	Consumo /día/ave	Consumo/día
	gr	Kg
1	13	2,6
2	13	2,6
3	16	3,2
4	20	4
5	22	4,4
6	26	5,2
7	28	5,6
8	32	6,4
9	35	7
10	37	7,4
11	41	8,2
12	46	9,2
13	48	9,6
14	53	10,6
15	57	11,4
16	62	12,4
17	65	13
18	68	13,6
19	71	14,2
20	74	14,8
21	76	15,2
Subtotal 1		180,6
22	87	17,4
23	91	18,2
24	94	18,8
25	98	19,6
26	99	19,8
27	101	20,2
28	103	20,6
29	116	23,2
30	121	24,2
31	123	24,6
32	127	25,4
33	129	25,8
34	132	26,4
35	135	27
Subtotal 2		311,2

## CONSUMO DE ALIMENTO (continuación)

36	142	28,4
37	146	29,2
38	152	30,4
39	154	30,8
40	158	31,6
41	162	32,4
42	166	33,2
	Subtotal 3	216
	TOTAL	707,8

Nota: La capacidad de la máquina cumple con el requerimiento de consumo, para 200 aves.

CONSUMO DE ALIMENTO		
Cantidad de aves:		500
Días	Consumo /día/ave	Consumo/día
	gr	Kg
1	13	6,5
2	13	6,5
3	16	8
4	20	10
5	22	11
6	26	13
7	28	14
8	32	16
9	35	17,5
10	37	18,5
11	41	20,5
12	46	23
13	48	24
14	53	26,5
15	57	28,5
16	62	31
17	65	32,5
18	68	34
19	71	35,5
20	74	37
21	76	38
Subtotal 1		451,5
22	87	43,5
23	91	45,5
24	94	47
25	98	49
26	99	49,5
27	101	50,5
28	103	51,5
29	116	58
30	121	60,5
31	123	61,5
32	127	63,5
33	129	64,5
34	132	66
35	135	67,5
Subtotal 2		778

## CONSUMO DE ALIMENTO (continuación)

36	142	71
37	146	73
38	152	76
39	154	77
40	158	79
41	162	81
42	166	83
Subtotal 3		540
TOTAL		1769,5

Nota: La capacidad de la máquina cumple con el requerimiento de consumo, para 500 aves.

**ANEXO 19. FOTOS DE LA MÁQUINA**



**Fotografía.** Pintado de estructura.



**Fotografía.** Montaje de soporte de rodamiento.



**Fotografía.** Mecanizado de hélice helicoidal.



**Fotografía.** Chumaceras de la máquina.

**ANEXO 20. PLANOS**