



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA  
PARA EL AMASADO DE MELCOCHA Y SU CORTE EN  
PORCIONES.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTROMECAÁNICA**

**DIRECTOR: ING. WASHINGTON FREIRE**

**CODIRECTOR: ING. MIGUEL CARVAJAL**

**ELABORADO POR:**

**DORIAN XAVIER HIDALGO MOYA**

**DIEGO ALEJANDRO TAPIA GONZÁLEZ**

**Latacunga, Junio 2010**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los señores: Hidalgo Moya Dorian Xavier y Tapia González Diego Alejandro, como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, bajo nuestra supervisión.

---

Ing. Washington Freire  
DIRECTOR DEL PROYECTO

---

Ing. Miguel Carvajal  
CODIRECTOR DEL PROYECTO

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **SEDE LATACUNGA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

#### **CERTIFICADO**

En nuestra calidad de Director y Codirector, certificamos que los señores Dorian Xavier Hidalgo Moya y Diego Alejandro Tapia González, han desarrollado el proyecto de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL AMASADO DE MELCOCHA Y SU CORTE EN PORCIONES”**, aplicando las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, por lo que autorizamos a los mencionados alumnos, reproduzcan el documento definitivo, se presente a las autoridades de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, y se proceda a la exposición de su contenido.

Atentamente;

---

ING. WASHINGTON FREIRE  
**DIRECTOR**

---

ING. MIGUEL CARVAJAL  
**CODIRECTOR**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD EXPRESADA

Quienes suscriben, Hidalgo Moya Dorian Xavier, portador de la cédula de identidad N° 171728602-3 y Tapia González Diego Alejandro, portador de la cédula de identidad N° 171750827-7, libre y voluntariamente declaramos que el presente tema de investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL AMASADO DE MELCOCHA Y SU CORTE EN PORCIONES”**, su contenido, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son originales, auténticas y personales.

En tal virtud son para efectos legales y académicos que se desprenden de la presente tesis es y será de exclusiva responsabilidad legal y académica, como autores de este proyecto de grado.

Atentamente;

---

Dorian Xavier Hidalgo Moya

---

Diego Alejandro Tapia González

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias Dios por darme el mejor regalo “La Vida”. A mis padres y hermanas que siempre me han dado luz en los momentos más difíciles y han alegrado mi existir gracias, y a todos quienes colaboraron y prestaron su atención en forma desinteresada para llegar a culminar una etapa más de mi vida.

Dorian

Agradezco a Dios por todas las oportunidades que me ha dado en la vida, a mis padres queridos Valerio y Zoila por todo su esfuerzo, dedicación y por ser ejemplo de trabajo y amor, a mis hermanos Valeria, David y Christian por estar siempre junto a mí, a mis grandes amigos y amigas, a la ESPE y sus docentes por su ayuda en mi formación académica hasta culminar con este proyecto.

Diego

## DEDICATORIA

Con todo cariño este proyecto es para la familia Hidalgo Moya quienes con su amor, dedicación, esfuerzo y comprensión ayudaron a realizar este sueño; en especial a mis padres Alfonso y Celeste que son un verdadero ejemplo de superación para sus hijos.

Dorian

Con un profundo sentimiento de amor y respeto dedico este proyecto a toda mi familia, en especial a mis abuelitos Alejandro Tapia, Rafael González y a mis abuelitas Zoila Tapia, Bélgica Riera quienes con su ejemplo, apoyo y cariño han participado activamente en mi formación humana.

Diego

# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

## SEDE LATACUNGA

### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

#### AUTORIZACIÓN

Nosotros, Hidalgo Moya Dorian Xavier y Tapia González Diego Alejandro, autorizamos la publicación en la Biblioteca Virtual de la Institución el trabajo de investigación, titulado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL AMASADO DE MELCOCHA Y SU CORTE EN PORCIONES”**; cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Junio del 2010.

---

Dorian Xavier Hidalgo Moya

---

Diego Alejandro Tapia González

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO</b> .....	1
1.1 Máquina amasadora .....	1
1.1.1 Tipos de máquinas amasadoras .....	2
1.2 Máquinas mezcladoras .....	3
1.2.1 Mezcladores móviles .....	4
1.2.2 Mezcladores de carcasa estacionaria .....	6
1.3 Extrusión .....	13
1.3.1 Objetivos del proceso de extrusión .....	13
1.3.2 Ventajas del proceso de extrusión .....	14
1.3.3 Aplicaciones de la extrusión .....	14
1.3.3.1 Alimentación humana .....	14
1.3.3.2 Alimentación animal .....	15
1.3.3.3 Usos industriales .....	16
1.4 Melcocha .....	16
1.4.1 Materia prima .....	17



1.4.2	Valor nutritivo .....	18
1.5	Proceso artesanal .....	18
1.5.1	Amasado de melcocha .....	21
1.5.2	Corte en porciones .....	23
1.6	Sistemas de transmisión de potencia .....	24
1.6.1	Transmisión por Bandas .....	25
1.6.2	Transmisión por Cadenas .....	26
1.6.3	Transmisión por Engranajes .....	27
 <b>CAPÍTULO II. DISEÑO DE LA MÁQUINA .....</b>		<b>29</b>
2.1	Conceptualización de la máquina .....	31
2.2	Diseño del mecanismo de amasado .....	32
2.2.1	Determinación de las dimensiones de los brazos excéntricos .....	37
2.2.1.1	Medición de la densidad del producto en sus distintas fases .....	38
2.2.2	Determinación de la fuerza de estiramiento .....	40
2.2.3	Análisis de esfuerzos .....	41
2.2.4	Cálculo del diámetro del eje .....	46

2.2.4.1	Diseño estático .....	46
2.2.4.2	Diseño a fatiga .....	47
2.2.5	Chumaceras .....	57
2.2.5.1	Chumaceras Relubricables .....	58
2.2.5.2	Rodamientos de las chumaceras .....	58
2.2.5.3	Selección de la chumacera .....	59
2.2.6	Velocidad de rotación .....	62
2.2.7	Torque necesario para girar los brazos .....	63
2.2.8	Potencia necesaria para girar los brazos .....	64
2.2.9	Selección del Motorreductor .....	66
2.2.7	Selección de cadena .....	67
2.3	Diseño del mecanismo de extrusión y corte en porciones .....	74
2.3.1	Diseño del sistema de extrusión .....	74
2.3.1.1	Diseño del tornillo sin fin (transportador helicoidal) .....	75
2.3.1.2	Velocidad del transportador .....	79
2.3.1.3	Cálculo de la potencia del motor .....	80
2.3.1.4	Selección del Motorreductor .....	83

2.3.1.5	Sentido de giro de los transportadores .....	84
2.3.1.6	Diseño de la Camisa del transportador helicoidal .....	85
2.3.1.7	Diseño de las Tapas .....	87
2.3.1.7.1	Tapa superior .....	93
2.3.1.7.2	Tapa inferior .....	93
2.3.2	Diseño del mecanismo de corte en porciones .....	97
2.3.2.1	Resorte .....	98
2.3.2.1.1	Cálculo de la Constante del Resorte .....	98
2.3.2.2	Determinación del Torque necesario .....	100
2.3.2.3	Potencia necesaria .....	102
2.3.2.4	Selección del Motorreductor .....	103
2.3.2.5	Diseño del Volante .....	104
2.3.2.6	Diseño del Eje Seguidor .....	106
2.3.2.6.1	Cálculo del Eje Seguidor .....	107
2.3.2.7	Diseño del Soporte Guía .....	113
2.3.2.8	Diseño de la Cuchilla .....	116
2.4	Diseño de la Estructura Base .....	122

2.5	Diseño del Control Eléctrico .....	133
2.5.1	Diseño de los Circuitos de Control y Fuerza .....	134
2.5.1.1	Circuito de Control .....	134
2.5.1.2	Diseño del Circuito de Control .....	136
2.5.1.3	Diseño del Circuito de fuerza .....	137
2.5.2	Selección, Dimensionamiento y Características de los Elementos Eléctricos Constitutivos .....	138
2.5.2.1	Interruptor de pedal .....	138
2.5.2.2	Sensor de proximidad .....	138
2.5.2.3	Relé .....	140
2.5.2.4	Controlador de temperatura .....	141
2.5.2.5	Termocupla .....	141
2.5.2.6	Fusibles .....	143
2.5.2.7	Interruptores termomagnéticos .....	143
2.5.2.8	Contactores y Guardamotores .....	144
2.5.2.9	Temporizador .....	144
2.5.2.10	PLC .....	146

2.2.2.10.1 Aplicaciones del PLC .....	147
2.5.2.10.2 Ventajas y Desventajas en el uso de los PLC's .....	148
2.5.2.10.3 Selección del PLC .....	149
2.5.3 Programación del PLC para el Control del Proceso .....	152
2.5.3.1 Lenguaje de Programación .....	152
2.5.3.1.1 Diagrama de Bloque de Funciones (FBD) .....	152
2.5.3.1.1.1 Bloque de funciones Básicas .....	153
2.5.3.1.1.2 Bloque de Funciones Especiales .....	153
2.5.3.2 Entradas del PLC .....	155
2.5.3.3 Salidas del PLC .....	155
2.5.3.4 Especificaciones del PLC .....	156
2.5.3.5 Programación del PLC .....	157
<b>CAPITULO III. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA .....</b>	<b>159</b>
3.1 Montaje de los Sistemas Mecánicos .....	159
3.1.1 Montaje del Mecanismo de Amasado .....	161
3.1.2 Montaje del Mecanismo de Extrusión .....	164

3.1.3	Montaje del Mecanismo de Corte en Porciones .....	167
3.2	Montaje de los Circuitos de Control Eléctrico .....	171
3.3	Montaje de las Tapas de Protección .....	175
 <b>CAPITULO IV. PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO .....</b>		<b>176</b>
4.1	Pruebas y Resultados del Sistema Mecánico .....	176
4.1.1	Sistema de Amasado .....	176
4.1.1.1	Mecanismo de amasado .....	176
4.1.1.2	Posicionamiento de los brazos .....	177
4.1.1.3	Capacidad de Amasado .....	179
4.1.2	Sistema de Extrusión y Corte .....	179
4.1.2.1	Masa blanqueada sin reposo .....	179
4.1.2.2	Masa blanqueada con reposo .....	181
4.2	Pruebas y resultados de los circuitos de control .....	181
4.2.1	Mando Manual .....	182
4.2.2	Mando Automático .....	182
4.3	Resultados de producción .....	183

4.3.1	Tiempos de fabricación en forma artesanal .....	183
4.3.1.1	Costos de producción artesanal .....	184
4.3.1.2	Punto de equilibrio financiero por unidad .....	186
4.3.2	Tiempo de fabricación automatizada .....	187
4.3.2.1	Costos de producción automática .....	189
4.3.2.2	Punto de equilibrio financiero por unidad .....	190
4.4	Recuperación de la inversión .....	190
 <b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>192</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	192
5.2	RECOMENDACIONES .....	193
 <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>194</b>

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Máquina amasadora convencional .....	2
Figura 1.2 Máquina amasadora rápida .....	3
Figura 1.3 Mezclador de tambor .....	4
Figura 1.4 Mezclador cúbico .....	5
Figura 1.5 Mezclador de doble cono .....	5
Figura 1.6 Mezclador en v .....	6
Figura 1.7 Mezclador de cintas .....	7
Figura 1.8 Mezclador de tornillo vertical .....	8
Figura 1.9 Mezclador de paletas .....	8
Figura 1.10 Mezclador palas planetario .....	9
Figura 1.11 Mezclador Sigma .....	9
Figura 1.12 Mezclador barras z .....	10
Figura 1.13 Mezclador de lecho fluidizado .....	10
Figura 1.14 Mezclador de alta intensidad .....	11



Figura 1.15	Proceso de derretido de panela .....	19
Figura 1.16	Filtrado del jarabe de panela .....	19
Figura 1.17	Punto caramelo .....	20
Figura 1.18	Prueba del punto de cristalización .....	20
Figura 1.19	Enfriamiento de la miel de panela derretida .....	21
Figura 1.20	Amasado inicial de blanqueo .....	22
Figura 1.21	Masa en reposo .....	22
Figura 1.22	Amasado previo al corte en porciones .....	23
Figura 1.23	Corte manual en porciones .....	24
Figura 2.1	Prototipo # 1 de sistema de amasado .....	32
Figura 2.2	Prototipo # 2 de sistema de amasado .....	33
Figura 2.3	Forma y disposición de brazos excéntricos (Prototipo #1) .....	34
Figura 2.4	Disposición final de brazos excéntricos .....	35
Figura 2.5	Trayectoria de los brazos en un giro completo dividido cada 30° .....	36
Figura 2.6	Lectura de peso para cálculo de densidad .....	38

Figura 2.7 Porción de melcocha amasada .....	39
Figura 2.8 Dimensiones de los brazos de amasado .....	40
Figura 2.9 Diagrama de cuerpo libre brazo # 2 .....	42
Figura 2.10 Tramo G – F .....	43
Figura 2.11 Tramo F – E .....	43
Figura 2.12 Tramo E – D .....	44
Figura 2.13 Tramo D – C .....	44
Figura 2.14 Tramo A – C .....	45
Figura 2.15 Diagrama de fuerza cortante .....	45
Figura 2.16 Diagrama de momento flector .....	46
Figura 2.17 Barra circular con entalle circunferencial sometida a flexión .....	50
Figura 2.18 Diagrama de factor de concentración de esfuerzo teórico $K_t$ .....	51
Figura 2.19 Diagramas de sensibilidad a la muesca para aceros y aleaciones de aluminio forjado sometidas a cargas de flexión y cargas axiales, con inversión ambas .....	51
Figura 2.20 Diámetro a fatiga de la barra circular .....	54
Figura 2.21 Circulo de mhor .....	55
Figura 2.22 Curva de esfuerzos .....	55

Figura 2.23 Diámetro de diseño de la barra circular .....	56
Figura 2.24 Tipos de chumaceras .....	58
Figura 2.25 Diagrama de cuerpo libre de eje y chumaceras .....	59
Figura 2.26 Chumacera NTN UCP204-012D1 .....	62
Figura 2.27 Medición de torque en brazos amasadores .....	64
Figura 2.28 Cadena de rodamiento estándar de tramo único .....	69
Figura 2.29 Cargas en cadenas .....	72
Figura 2.30 Esquemas de transmisiones con cadenas empleando dispositivos tensores .....	73
Figura 2.31 Templador de la cadena .....	73
Figura 2.32 Esquema del paso de helicoides .....	78
Figura 2.33 Helicoidal de cono .....	78
Figura 2.34 Helicoidal de paso escalonado .....	79
Figura 2.35 Transportador helicoidal (Tornillo sin fin) .....	79
Figura 2.36 Sentido de giro de los transportadores derecho e izquierdo .....	84
Figura 2.37 Rotación de un transportador helicoidal .....	85
Figura 2.38 Camisa de tornillo sin fin .....	86

Figura 2.39 Medidas de la tapa .....	87
Figura 2.40 Diagrama de cuerpo libre de tapa inferior .....	89
Figura 2.41 Diagrama de fuerzas cortantes .....	90
Figura 2.42 Diagrama de momentos flectores .....	90
Figura 2.43 Tapa superior .....	93
Figura 2.44 Tapa frontal base .....	94
Figura 2.45 Sección de una boquilla circular de extrusión .....	95
Figura 2.46 Dimensiones de la boquilla .....	95
Figura 2.47 Tapa porta boquillas .....	96
Figura 2.48 Sistema de extrusión .....	96
Figura 2.49 Resorte .....	98
Figura 2.50 Volante .....	104
Figura 2.51 Eje seguidor .....	107
Figura 2.52 Diagrama de cuerpo libre del eje seguidor .....	108
Figura 2.53 Diagrama de fuerza cortante .....	108
Figura 2.54 Diagrama de momento flector .....	108
Figura 2.55 Soporte guía .....	114

Figura 2.56 Sección transversal del bocín de soporte guía .....	114
Figura 2.57 Medidas de la hoja de cuchilla .....	116
Figura 2.58 Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla .....	118
Figura 2.59 Diagrama de fuerza cortante .....	119
Figura 2.60 Diagrama de momento flector .....	119
Figura 2.61 Diseño de cuchilla .....	121
Figura 2.62 Mecanismo de corte .....	121
Figura 2.63 Estructura base .....	123
Figura 2.64 Elementos de la estructura .....	124
Figura 2.65 Designación de Columnas y Vigas .....	124
Figura 2.66 Carga aplicada por el motorreductor de ½ HP .....	125
Figura 2.67 Carga aplicada por el motorreductor de 1 HP .....	126
Figura 2.68 Carga aplicada por el motorreductor de 2 HP .....	127
Figura 2.69 Carga aplicada por el extrusor .....	128
Figura 2.70 Cargas distribuidas aplicadas .....	128
Figura 2.71 Cuadro de propiedades de simulación .....	129
Figura 2.72 Estructura deformada .....	129

Figura 2.73 Diagrama por cargas axiales en la estructura .....	130
Figura 2.74 Diagrama por cargas axiales en la columna .....	130
Figura 2.75 Diagrama por momentos flectores en la estructura .....	131
Figura 2.76 Diagrama por momentos flectores en la columna .....	131
Figura 2.77 Reacciones generadas .....	132
Figura 2.78 Análisis estático de la estructura .....	132
Figura 2.79 Diagrama del Circuito de Control (Software CADe_SIMU) .....	136
Figura 2.80 Diagrama del Circuito de Fuerza (Software CADe_SIMU) .....	137
Figura 2.81 Interruptor tipo pedal .....	138
Figura 2.82 Sensor de proximidad capacitivo .....	139
Figura 2.83 Relé enchufable .....	140
Figura 2.84 Controlador de temperatura .....	141
Figura 2.85 Termocupla tipo J .....	143
Figura 2.86 Temporizador .....	146
Figura 2.87 Estructura del PLC .....	147
Figura 2.88 PLC Fab-Array Modelo AF-10MR-A .....	150
Figura 2.89 PLC junto al Modulo de Voz .....	151

Figura 2.90 Programación del PLC Fab-Array (Software QUICK II) .....	158
Figura 3.1 Diseño estructura base .....	160
Figura 3.2 Construcción de estructura base en Acero AISI 304 .....	161
Figura 3.3 Sistema del Mecanismo de Amasado .....	163
Figura 3.4 Conjunto Puente Templador .....	164
Figura 3.5 Sistema del Mecanismo de Extrusión .....	166
Figura 3.6 Tapa base del tornillo de extrusión .....	167
Figura 3.7 Sistema del Mecanismo de Corte en Porciones .....	169
Figura 3.8 Forma y disposición de la cuchilla .....	170
Figura 3.9 Conjunto placa base inferior .....	171
Figura 3.10 Componentes del tablero de mando .....	172
Figura 3.11 Componentes del tablero de control .....	173
Figura 3.12 Sensor de proximidad .....	174
Figura 3.13 Termocupla tipo J .....	174
Figura 3.14 Interruptor de pedal .....	174
Figura 3.15 Máquina Ensamblada Construída .....	175

Figura 4.1 Masa de melcocha en piedra de enfriamiento .....	177
Figura 4.2 Masa de melcocha blanca y esponjada .....	177
Figura 4.3 Brazos con ángulo de 0° .....	178
Figura 4.4 Brazos con ángulo de 180° .....	178
Figura 4.5 Brazos con ángulo de 90° .....	178
Figura 4.6 Brazos con ángulo de 270° .....	178
Figura 4.7 Alimentación de la masa de melcocha .....	180
Figura 4.8 Salida de los palillos de melcocha .....	180
Figura 4.9 Corte en porciones .....	180
Figura 4.10 Melcocha cortada en porciones .....	181
Figura 4.11 Muestra de melcocha procesada artesanalmente .....	183
Figura 4.12 Muestra de melcocha de proceso automático .....	188



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1 Equipos de carcasa móvil .....	11
Tabla 1.2 Equipos de Carcasa fija .....	12
Tabla 2.1 Datos de medición de densidad del producto .....	38
Tabla 2.2 Factores de acabado de superficies .....	47
Tabla 2.3 Efecto de la temperatura de operación sobre la resistencia a la tensión del acero .....	49
Tabla 2.4 Valores mínimos del factor de seguridad $S_o$ .....	60
Tabla 2.5 Características del rodamiento de chumacera .....	61
Tabla 2.6 Datos de velocidad manual de amasado en ciclos/min .....	63
Tabla 2.7 Factores de servicio sugeridos $K_S$ para transmisiones de potencia .....	67
Tabla 2.8 Capacidad de potencia (en HP) de una cadena de rodillo de paso sencillo y un solo torón (o cordón) para una rueda catarina de 17 dientes .....	68
Tabla 2.9 Factor de cadena $f_b$ .....	72

Tabla 2.10 Características de materiales según catalogo MARTIN, SPROCKET & GEAR .....	76
Tabla 2.11 Factor $CF_1$ seleccionado .....	76
Tabla 2.12 Capacidad transportador helicoidal .....	77
Tabla 2.13 Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión ( $N_a$ = número de espiras activas) .....	100
Tabla 2.14 Coeficientes de rozamiento por deslizamiento para diferentes materiales .....	101
Tabla 2.15 Tipos de termocuplas .....	142
Tabla 2.16 Especificación eléctrica de los motoredutores .....	144
Tabla 2.17 Contactores y guardamotores seleccionados .....	144
Tabla 2.18 Lista de funciones básicas .....	153
Tabla 2.19 Listado de funciones específicas .....	154
Tabla 2.20 Listado de entradas para el PLC Fab-array .....	155
Tabla 2.21 Listado de salidas para el PLC Fab-array .....	156
Tabla 4.1 Estimación de producto procesado artesanalmente .....	184
Tabla 4.2 Detalle de los costos de producción artesanal .....	185

Tabla 4.3 Estimación de producto procesado con la máquina .....	188
Tabla 4.4 Estimación de producto procesado con eficiencia del 92% .....	188
Tabla 4.5 Detalle de los costos de producción automática .....	189
Tabla 4.6 Costo inicial de la máquina .....	190
Tabla 4.7 Porcentaje del incremento del beneficio diario .....	191

## **LISTADO DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CARACTERÍSTICAS DE LA CHUMACERA

**ANEXO B:** DIMENSIONES DE CADENAS DE RODILLOS ESTÁNDARES

**ANEXO C:** MOTORREDUCTORES

**ANEXO D:** TORNILLO HELICOIDAL

**ANEXO E:** CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE RODAMIENTOS

**ANEXO F:** SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO

**ANEXO G:** CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE

**ANEXO H:** MÓDULO DE RIGIDEZ PARA ACERO COMÚN.

**ANEXO I:** CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PLC ARRAY

**ANEXO J:** MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

**ANEXO K:** PLANOS

## RESUMEN

El propósito principal de este proyecto de tesis es la de mejorar sustancialmente el proceso de fabricación del dulce de melcocha, considerándolo de mucha importancia por ser una golosina tradicional y de gran demanda en nuestro medio, la cual se comercializa desde tiempos memorables no solo en nuestro Ecuador sino también en otros países latinoamericanos principalmente y siempre fabricado de manera artesanal, con procesos netamente manuales los cuales lamentablemente no garantizan la inocuidad del producto.

El proyecto toma en cuenta fundamentalmente la asepsia en el proceso de producción, evitando la manipulación del producto en sus fases de amasado y corte en porciones, mediante la aplicación de la automatización industrial con materiales técnicamente idóneos para el procesamiento de alimentos.

Se necesita disminuir eficientemente la intervención de la mano del hombre, debido al gran esfuerzo físico que demanda la fabricación de este producto, lo cual representa una limitación, siendo por lo tanto, muy irregular, es decir, no se determinan las variables que intervienen en el proceso como número de ciclos, tiempos, pesos, dimensiones entre otras.

La propuesta es diseñar un mecanismo que emule los movimientos realizados para amasar el producto y otro mecanismo que lo corte en porciones uniformes, sin dejar de lado la esencia propia tradicional de la melcocha, es decir, mantener intactos todos sus ingredientes y proporciones.

El diseño y construcción de una máquina para la fabricación de melcocha tiene el legado de innovar un proceso artesanal para convertirlo en industrial e impulsar la creación de microempresas que generen empleo ofertando un producto garantizado.

Esta obra está dividida en cinco capítulos. El capítulo I, comienza explicando los conceptos generales acerca de la melcocha, su proceso de fabricación y máquinas afines a este proceso.

El capítulo II, referente al diseño de la máquina, muestra los cálculos realizados para definir los esfuerzos a los que va a estar sometido el equipo, la resistencia de sus materiales, los métodos de selección de sus elementos de máquinas, esto en la parte mecánica, en la parte eléctrica esta el diseño del circuito de control y fuerza para el accionamiento de los motorreductores que impulsan las dos fases del proceso con la respectiva selección de sus elementos constitutivos, con su descripción técnica y todas las características del PLC empleado como cerebro del sistema.

El capítulo III, aplica los diseños para realizar la construcción de la maquina, empezando por la parte mecánica mediante los procesos de mecanizado necesarios para darle la forma y tamaño planificados, luego se ensamblan todas las partes para finalmente realizar la instalación de los elementos constitutivos y el cableado del circuito eléctrico de control y potencia.

El capítulo IV, referente a las pruebas y puesta a punto de la máquina, se realizan las pruebas de cada parte del equipo de manera individual para detectar cualquier anomalía y corregirla, para luego realizar la prueba del conjunto y realizar la sincronización entre cada fase del proceso y realizar la medición de la capacidad real de la maquina, para levantar un registro con los resultados obtenidos.

El último capítulo detalla las conclusiones derivadas de la realización del proyecto en cada uno de sus capítulos así como también las recomendaciones dadas en función de la experiencia obtenida por todas las dificultades que se presentaron a lo largo del proyecto, para finalmente proveer de un manual de operación y mantenimiento de la máquina.

## **i. INTRODUCCIÓN**

Basados en la frase “Dale importancia a las cosas sin importancia”, decidimos incursionar en el proceso de elaboración de un producto tradicional para todos los ecuatorianos, como son el dulce de melcocha, pero que a pesar de ser muy popular en el país, es producido artesanalmente en varias ciudades principalmente, Santo Domingo (Parroquia Alluriquin) y Baños, buscando la industrialización de este proceso nació la idea de diseñar y construir una máquina que solvete las limitaciones que se tiene al realizar este producto de forma manual, como por ejemplo, el gran esfuerzo que representa su elaboración y por otro lado las condiciones de higiene con las que se prepara, el fin de este proyecto es impulsar al productor artesanal para que mejore la calidad de su producto y aumente su capacidad de producción manteniendo intactas las cualidades intrínsecas de las deliciosas melcochas.

## **ii. ANTECEDENTES**

El negocio del dulce de melcocha se ha convertido en una tradición para los turistas que viajan de la sierra a la costa pasando por el cantón de Santo Domingo en la parroquia Alluriquín, también el cantón Baños en la provincia de Tungurahua es famoso por la producción de melcocha muy apetecida por turistas nacionales y extranjeros, la fabricación de la melcocha se la realiza de una manera artesanal con un proceso netamente manual utilizando como materia prima la miel de jugo de caña de azúcar o panela derretida, por el hecho de realizar un procedimiento manual las condiciones de asepsia no son adecuadas, es decir, el amasado que es la clave para obtener un producto con la textura y elasticidad adecuada es realizado con las manos desnudas utilizando como punto de apoyo un pedazo de madera clavado a la pared donde se engancha el producto para realizar un movimiento oscilante estirando y contrayendo la masa, luego cuando la masa está en su punto, viene el proceso de partir en porciones, la persona a cargo va estirando la masa hasta conseguir una porción más o menos uniforme y mediante

un estirón va partiéndolas luego son colocadas en envolturas plásticas, esto resulta muy atractivo para los turistas de paso.

La caña de azúcar es la materia prima para la elaboración de la melcocha y las condiciones climáticas en varios puntos del Ecuador son muy ricas para desarrollar este cultivo, lo cual da la posibilidad de tener el aprovisionamiento suficiente para proyectar la elaboración de este producto de manera industrial, para el cantón Santo Domingo la panela más popular para la elaboración de melcocha es la de Ibarra por sus características de color y contenido de jarabe, para el cantón Baños los proveedores de la caña de azúcar y panela están ubicados en el Puyo, la melcocha por el hecho de ser un producto delicioso y natural se convierte en una buena alternativa, así se han creado una serie de pequeños negocios por lo general familiares para procesar y comercializar dulces derivados de la caña de azúcar, en donde la elaboración de la melcocha es la más laboriosa y es difícil evitar la contaminación del producto con el medio exterior, estos son clientes potenciales para la adquisición de un sistema automático para el amasado y corte en porciones de melcocha.

### iii. **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una máquina automática para amasar melcocha y cortar en porciones.

### iv. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diseñar y construir un mecanismo automático para el amasado de melcocha.
2. Diseñar y construir un mecanismo automático de corte en porciones uniformes del producto.
3. Seleccionar y dimensionar correctamente todos los elementos que intervienen en la máquina.



4. Diseñar el circuito de control eléctrico de la máquina para el cumplimiento de la secuencia del proceso.
5. Elaborar un producto bajo un correcto control de higiene.

## v. **JUSTIFICACIÓN**

El sistema propuesto es de suma importancia ya que mejorará la producción de la melcocha en su fase de amasado y corte en porciones de manera sustancial, con un debido control de higiene creando un nivel de confianza en las personas que consuman este producto.

El desarrollo de este proyecto es una innovación tecnológica para el artesano dedicado a la producción de melcocha a un costo accesible para mejorar la rentabilidad de su negocio y el aspecto de su producto, ofertando así al consumidor una melcocha que no ha sido manipulada, es decir, que no tenga contacto con la transpiración de quien lo procesa, garantizando así un producto apto para el consumo humano.

Se propone mejorar el método de producción de melcocha mediante la utilización del diseño de elementos de máquinas, mecanismos y la automatización, esto se ha convertido en una necesidad imperiosa para poder aumentar la productividad y pasar del ámbito artesanal al micro empresarial tecnificado, de acuerdo a datos obtenidos se sabe que en la ciudad de Cuenca cinco personas a diario hacen 800 paquetes de melcocha desde las 6h00 hasta las 18h00, martes y viernes se trabaja desde las tres de la mañana para poder distribuir el producto en el Mercado "El Arenal"<sup>1</sup>, la cantidad de personas necesarias para llegar a este volumen de fabricación significa un elevado costo de producción por la mano de obra que se utiliza; entonces de aquí viene la importancia y la necesidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica ya en la vida profesional

---

<sup>1</sup> [www.elmercurio.com.ec](http://www.elmercurio.com.ec)

en bien de una comunidad artesanal la cual no ha logrado sobresalir por el simple hecho de creer que automatizar solo es para los grandes empresarios.

Por tal razón se tiene la iniciativa de diseñar y construir una máquina con la finalidad de poder acoplar mecanismos y sistemas de acuerdo a la necesidad del mercado y a su capacidad económica; implementando un sistema eficiente logrando una optimización de recursos y a un costo accesible para aquellas empresas familiares artesanales que aún utilizan la fuerza muscular y la habilidad manual del recurso humano.

## vi. **ALCANCES Y METAS**

El alcance de nuestro proyecto inicia por investigar cómo se desarrolla el proceso artesanal para la producción de melcocha, como punto de partida para diseñar los mecanismos necesarios para reemplazar la mano del hombre en las fases de amasado y corte en porciones del producto junto con eso está la selección de materiales y dimensionamiento de las partes constitutivas para un correcto funcionamiento.

Este sistema mecánico trabaja comandado por un sistema de control eléctrico el cual será diseñado para que mediante un PLC controlar la secuencia de funcionamiento de cada etapa, cabe destacar la utilización de un controlador de temperatura y una termocupla para sensar la temperatura del producto en la fase de corte en porciones así como también el uso de un sensor de proximidad capacitivo como señal de entrada para realizar el corte en porciones del producto.

En consecuencia el alcance del proyecto está en desarrollar una máquina que revolucione la producción de melcocha en nuestro país, con higiene y calidad conservando las cualidades intrínsecas del producto.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Máquina amasadora

La máquina amasadora es una herramienta excelente para quienes preparan alimentos con frecuencia. Artesanalmente se puede preparar todo lo que uno desee o sepa, pero en muchos casos resulta una tarea sumamente agotadora y difícil. Además el tiempo que hay que dedicarles a ciertos preparados es muy importante y se termina por descartar la receta y preparar otra más sencilla que no requiera tanto esfuerzo.

Para superar este inconveniente que implica preparar la masa existe la amasadora, que hará esta tarea un paso sencillo y rápido. Si se cuenta con una máquina las masas de pan, pastas, empanadas, pizzas, dulces, etcétera, podrán ser preparadas rápidamente y sin complicación alguna.

Hay que decir que la máquina amasadora no es un artefacto barato, generalmente es todo lo contrario pero su función es única, y cuando se decida adquirir una máquina de este tipo es necesario estar bien asesorados y saber lo que se necesita ya que hay que tener claro que uso se le dará a la amasadora, pues existen en el mercado varios modelos que brindan diferentes aplicaciones.

Sin embargo, un buen amasador es aquel que amasa todo el lote de un producto en forma suave, además de ser fácil de limpiar, descargar, tener poca fricción, buena hermeticidad, alta movilidad, fácil mantenimiento y bajo consumo de energía.

Para diseñar o proyectar bien un amasador hay que tener en cuenta no solo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente. Un elemento mezclador muy bueno puede resultar inútil en un recipiente inadecuado. Además, no debe perderse de vista el resultado exacto que se quiere alcanzar, de modo que pueda obtenerse una mezcla ampliamente suficiente para conseguir dicho resultado con un coeficiente de seguridad bastante grande.

Puesto que el amasado o mezcla es una parte fundamental del proceso, es importante hacerla bien. Un elemento mezclador bien diseñado puede evitar un embotellamiento en la producción.

### **1.1.1 Tipos de máquinas amasadoras**

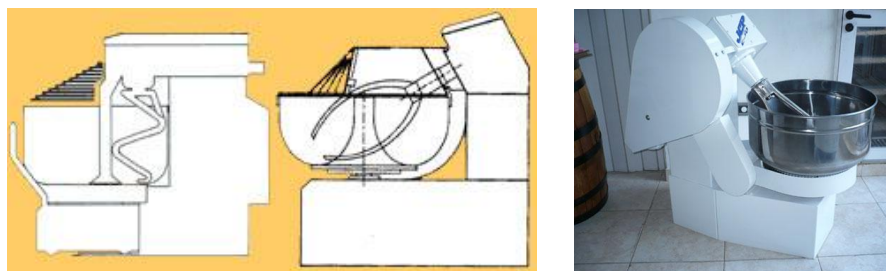
De acuerdo al tamaño y prestaciones que ofrece una máquina amasadora se puede ubicar en diferentes grupos.

De acuerdo a sus posibilidades las amasadoras pueden ser clasificadas en:

#### **A. Máquinas amasadoras convencionales**

La característica que las representa es que realizan un amasado lento, que suele durar entre 30 y 40 minutos aproximadamente.

Disponen de un brazo amasador en forma de horquilla y su recipiente puede ser de acero inoxidable u otra fundición.



**Figura 1.1 Máquina amasadora convencional**

## B. Máquinas amasadoras rápidas

En esta categoría se encuentra la amasadora rápida que cuenta con dos velocidades y otra que dispone de una sola intermedia.

La de dos velocidades cuenta con una lenta que es utilizada para comenzar el mezclado de los ingredientes y otra rápida que termina de realizar el trabajo. El tiempo aproximado en que realizan el trabajo dura entre 8 y 10 minutos. El recipiente de este tipo de máquinas es de acero inoxidable y un brazo que cuenta con marcha y contramarcha.

Las que cuentan con una velocidad intermedia realizan el trabajo en el mismo tiempo, por lo que la diferencia no es de mayor importancia. La capacidad de la máquina amasadora será la que determine en parte si será para uso doméstico o profesional.



Figura 1.2 Máquina amasadora rápida

## 1.2 Máquinas mezcladoras

A nivel industrial existen dos tipos de mezcladores que cabe destacarlos para efectos de comparación con nuestro sistema de amasado que se diferencian en el mecanismo productor del mezclado.

### 1.2.1 Mezcladores móviles

Se basan en el mecanismo de volcar el material causado por la rotación del recipiente y fuerza de la gravedad. Para un buen mezclado en estos equipos, los polvos deben ser de dimensiones similares y de flujo fácil. La geometría asimétrica del equipo produce un movimiento lateral independiente de la acción de volcar característico. El proceso de mezclado mejora mucho más si a los equipos se les adaptan ejes que giran en dirección opuesta al volcamiento. Si su velocidad de rotación es lenta, no se produce el movimiento de cascada o volcamiento en forma intensiva; por el contrario, si es muy rápida, la fuerza centrífuga mantendrá los polvos en los extremos de la carcasa evitando el mezclado. La velocidad óptima dependerá del tamaño y forma del mezclador y del tipo de material a mezclar (generalmente oscila entre 30 y 100 rpm). Estos equipos nunca se deben llenar con más del 50% de su capacidad nominal.

#### a. Mezclador cilíndrico o de tambor.

Consiste de una carcasa cilíndrica que se puede rotar a lo largo de su eje para producir flujo cruzado del material. Si se le adicionan obstáculos laterales, se incrementa el flujo cruzado y se mejora la acción mezcladora aunque dificulta su limpieza.



Figura 1.3 Mezclador de tambor.

**b. Mezclador cúbico**

El principio de caída y rebote del material es igual al del mezclador de tambor. Como estos modelos producen poca eficiencia en el mezclado, se puede aumentar esta inclinando el eje de rotación de éstos modelos.



**Figura 1.4 Mezclador cúbico.**

**c. Mezclador de doble cono**

Durante la rotación el polvo se entremezcla entre cada uno de los extremos del equipo. Sus ventajas son que se puede cargar y descargar por ambos lados, además de ser de fácil limpieza, de tener tiempos de mezclado cortos y de producir un buen flujo cruzado.



**Figura 1.5 Mezclador de doble cono.**

#### d. Mezclador en V

Consiste de dos cilindros unidos en sus extremos con un ángulo que oscila entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$ . El principal mecanismo de mezclado que produce es por convención, pero posee unas placas en el eje de rotación que producen deslizamientos entre los planos. Este mezclador se recomienda para polvos de baja cohesividad. La rotación del equipo ocurre en un solo plano y su acción cambia la orientación del polvo en  $90^\circ$  o  $45^\circ$  dependiendo del modelo. El eje central intensifica la acción del mezclado, pero dificulta la limpieza del equipo. Este equipo produce un mezclado suave y por esta razón se utiliza para la adición de aglutinantes, permitiendo la adición uniforme del lubricante a los gránulos en un corto periodo de tiempo sin erosionarlos. Como estos equipos son herméticos, pueden producir vacío y secado además de no contaminar ni de empolvar. Además, poseen altas capacidades, bajo consumo de energía, son de fácil mantenimiento, son de fácil operación y se pueden cargar con el ápice invertido. Este equipo es el más preciso de los mezcladores de carcasa móvil.

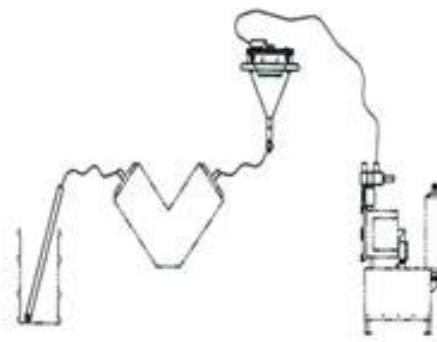


Figura 1.6 Mezclador en v

#### 1.2.2 Mezcladores de carcasa estacionaria

Son equipos donde la carcasa permanece estática, en cuyo interior poseen una serie de elementos que ejecutan el mezclado como aire a chorro, cuchillas, tornillos o paletas; algunos de éstos producen un flujo en forma de vortex o turbulento. En general, estos equipos proporcionan un mezclado eficiente sin



reducción del tamaño de partícula o generación de calor. Estos equipos son útiles en mezclar sólidos que se han humedecido (que están en forma plástica o pastosa) y además necesitan menos mantenimiento que los de carcasa móvil. Estos equipos son capaces de procesar desde 100 a 500 lb. /h.

**a. Mezclador de cintas**

Consiste de un tambor horizontal con un eje axial de soporte y un agitador de cintas, o en algunos casos dos ejes paralelos, también existen modelos con ejes en forma de espiral, paletas y de tornillo helicoidal. La rotación alrededor del eje de una sola cinta produce un movimiento radial alrededor de la parte interna del mezclador, al mismo tiempo otra cinta curvada produce un movimiento axial alrededor de la parte interna del mezclador. En otras palabras, la cinta externa hace que el polvo se mueva a lo largo del tambor y la cinta opuesta interna hace que al mismo tiempo el polvo se mueva en dirección opuesta. Estos movimientos evitan que los polvos se acumulen en uno de los extremos. El principal mecanismo de mezclado es el de planos de las diferentes partículas rompiendo los aglomerados. Estos mezcladores son de velocidades bajas, de pequeña carga y bajo consumo de energía. Entre sus desventajas esta su difícil limpieza, la abrasión y rompimiento de partículas debida al roce de las cintas y la carcasa.



**Figura 1.7 Mezclador de cintas**

**b. Mezclador tornillo vertical**

Consiste de una carcasa cónica con un tornillo sin fin interno que transporta el material hacia arriba y luego el movimiento de cascada y gravitacional lo regresa hasta el fondo. El tornillo puede estar en uno de los lados interiores rotando y orbitando simultáneamente dentro del cono. Como el mezclado es rápido, consume poca energía. Algunos modelos pueden llevar hasta dos tornillos simultáneamente. Este mezclador puede producir algo de abrasión por la caída libre a la que se somete los gránulos y por el choque de éstos contra las paredes del equipo.



**Figura 1.8 Mezclador de tornillo vertical**

**c. Mezclador paletas**

Consiste de un recipiente cilíndrico vertical donde el material se mezcla por acción de palas o paletas unidas a un eje rotatorio central. El flujo de los polvos se produce en tres dimensiones ocurriendo un movimiento radial y axial simultáneo.



**Figura 1.9 Mezclador de paletas**

**d. Mezclador palas planetario**

Su forma es similar al mezclador de paletas, se utiliza para el mezclado de sólidos antes de introducir algún líquido (proceso de granulación). Posee un eje vertical con paletas que rotan en una configuración planetaria proporcionando una doble acción mezcladora. Estos equipos son muy eficientes, y tienen muchas aplicaciones para el mezclado de polvos, semisólidos y líquidos.



**Figura 1.10 Mezclador palas planetario.**

**e. Mezclador sigma**

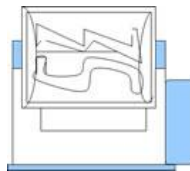
Consiste de un cilindro vertical donde el mezclado ocurre por unas cuchillas pequeñas propulsoras localizadas en su fondo. Es muy eficiente en romper los aglomerados pero su gran desventaja es que produce calentamiento del material y por lo tanto consume mucha energía. Estos mezcladores se utilizan para incorporar sólidos en líquidos.



**Figura 1.11 Mezclador Sigma**

**f. Mezclador barra Z**

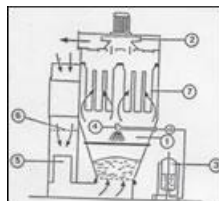
Consiste de un recipiente cilíndrico horizontal con dos ejes paralelos (cuchillas espirales) que rotan en direcciones opuestas y que producen un movimiento tangencial de choque. Son muy efectivos en la distribución de fluidos en la masa del polvo. Se aplica en el mezclado de masas pegajosas, duras y densas (gomas), granulados ( $\text{CaCO}_3$ ), adhesivos dentales y polímeros. Entre sus desventajas se encuentran: dificultad en el vaciado a pesar de ser el equipo reclinable, su susceptibilidad a la contaminación, su lentitud, su alto consumo de energía, y su difícil limpieza.



**Figura 1.12 Mezclador barras z**

**g. Mezclador lecho fluidizado**

Se basa en la acción de un chorro de aire a altas velocidades que expulsan el material a través de una cámara donde todas las partículas se entremezclan en un flujo turbulento. Entre las condiciones del material para cargar el equipo está que los polvos no deben ser cohesivos y la diferencia entre densidades debe ser mínima para evitar la segregación. Si los polvos son cohesivos se formarán aglomerados. Existen algunos modelos que pueden realizar las funciones de secado y granulación del material.



**Figura 1.13 Mezclador de lecho fluidizado.**

## h. Mezcladores de alta intensidad

Son equipos similares a los mezcladores Sigma que combinan las operaciones de mezclado y granulación. El material se homogeniza por el mecanismo de fallas y compactación ejercida por el expulsor (cuchillas) que operan entre 100- 300 rpm. Estos equipos son muy eficientes ya que en pocos minutos se logra el mezclado, además, son de fácil descarga, limpieza y están protegidos contra riesgos de explosión.

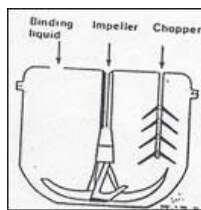


Figura 1.14 Mezclador de alta intensidad

Ventajas y desventajas de los equipos de mezclado.

TIPO	MEZCLADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CARCASA MÓVIL	Tambor o cilíndrico	- Las paletas y la inclinación mejoran el flujo.	- Si tiene obstáculos será de difícil limpieza.
	Cúbico	- El eje de rotación se puede angular.	- Las superficies lisas provocan volcamiento. - Las esquinas dificultan su limpieza.
	Doble cono	- Facilita el flujo cruzado del material. - Es rápido y fácil de limpiar.	- No se debe cargar con más del 50% de su capacidad.
	Doble carcasa o en V	- Es de los mezcladores más eficientes. - Es de fácil descargue y limpieza.	- No se debe cargar con más del 50% de su capacidad.

Fuente: Disponible en [http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/03/03\\_equipos.html](http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/03/03_equipos.html)

Tabla 1.1 Equipos de carcasa móvil.

TIPO	MEZCLADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CARCASA FIJA	Cintas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se ejerce un buen barrido del material.</li> <li>- Bajo consumo de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posee una velocidad baja</li> <li>- Ciclos largos.</li> <li>- No para materiales frágiles.</li> </ul>
	Sigma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rompe fácilmente los aglomerados.</li> <li>- Útil en el mezclado sólido-liquido.</li> <li>- Útil para materiales pastosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liberan calor y consumen mucha energía.</li> <li>- Difícil limpieza.</li> <li>- Muy lentos.</li> <li>- Propensos a la contaminación.</li> </ul>
	Tornillo vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es rápido.</li> <li>- Consume poca energía.</li> <li>- No produce segregación.</li> <li>- Puede llevar 2 tornillos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difícil limpieza</li> </ul>
	Palas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El movimiento ocurre en 3 dimensiones.</li> <li>- Produce turbulencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No apropiado para materiales frágiles</li> </ul>
	Lecho fluidizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede granular y secar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los materiales deben poseer una densidad similar</li> </ul>
	Palas planetario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede mezclar polvos, semisólidos y líquidos.</li> <li>- Son muy eficientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son lentos</li> </ul>

Fuente: Disponible en [http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/03/03\\_equipos.html](http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/03/03_equipos.html)

**Tabla 1.2 Equipos de Carcasa fija**

Dentro de la clasificación el equipo que más se asemeja al sistema utilizado para el amasado es el mezclador de paletas, debido a las características de la masa esta se puede adherir a las paletas y someterse a un movimiento rotatorio sin caerse ni romperse.

Por otro lado se ha escogido como un método para darle forma a la masa de melcocha blanqueada la extrusión, tomando en cuenta que la presión que necesita la masa para moldearse es elevada y el mecanismo para extruir es económico frente a sistemas como el hidráulico por ejemplo.

A continuación se presenta teoría acerca del proceso de extrusión y sus principales cualidades:

### **1.3 Extrusión**

La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a pasar a través de un orificio. A continuación se da una definición práctica:

"La extrusión de alimentos es un proceso en el que un material (grano, harina o subproducto) es forzado a fluir, bajo una o más de una variedad de condiciones de mezclado, calentamiento y cizallamiento, a través de una placa/boquilla diseñada para dar formar o expandir los ingredientes".

#### **1.3.1 Objetivos del proceso de extrusión**

- Cocción.
- Pasteurización.
- Expansión.
- Reducción de Humedad.
- Homogeneización y reestructuración.

#### **1.3.2 Ventajas del proceso de extrusión**

- Flexibilidad de operación, permitiendo la obtención de una gran diversidad de productos.

- Posibilidad de procesamiento en diversas formulaciones, permitiendo adecuar el nivel nutricional según las necesidades.
- Bajo costo de procesamiento.
- Tecnología simple.
- Mínimo deterioro de nutrientes de los alimentos en el proceso.
- Eficiente utilización de la energía.
- Ausencia de efluentes.
- Inactivación de enzimas y factores anti-nutricionales.
- Producción de alimentos inocuos.

### **1.3.3 Aplicaciones de la extrusión**

#### **1.3.3.1 Alimentación humana**

- Cereales de desayuno listos para comer
- Snacks (aperitivos salados y dulces)
- Alimentos para bebés
- Sopas instantáneas
- Rebozadores y coberturas
- Proteínas vegetales texturizadas



- Sustitutos de carne
- Harinas compuestas y enriquecidas
- Sustitutos lácteos
- Aditivos de panificación
- Almidones modificados
- Productos de confitería
- Pastas (fideos)
- Bebidas en polvo
- Ingredientes de sopas
- Galletitas
- Productos dietéticos, granolas, cucuruchos, etc.

#### **1.3.3.2 Alimentación animal**

- Cereales, oleaginosas y legumbres pre-cocidas o ingredientes para alimentos balanceados.
- Alimentos para rumiantes, cerdos, aves, animales de piel, peces, etc.
- Procesamiento de subproductos o desechos de la industria alimentaria:
  - Residuos de la industria de la pesca.

- Residuos de la industrialización de aves, cerdos y vacunos.
- Residuos de la industrialización de lácteos, panificación y frutas.

### **1.3.3.3 Usos industriales**

- Industria del papel.
- Industria textil.
- Fundiciones metalúrgicas.
- Perforación de pozos de petróleo.
- Adhesivos y agentes ligantes.
- Coadyuvantes de insecticidas y fungicidas.

## **1.4 Melcocha**

Son dulces fibrosos elaborados en base a la panela que es derretida a punto caramelo para luego enfriarse y mediante un amasado constante conseguir un dulce muy correoso<sup>2</sup>, la panela nace del jugo de la caña de azúcar. Este producto artesanal se viene fabricando desde varias décadas atrás; esta típica golosina es el referente gastronómico del cantón Baños en Tungurahua y la parroquia Alluriquín en Santo Domingo de los Tsáchilas principalmente y se lo puede encontrar en puestos de venta.

---

<sup>2</sup> Que fácilmente se doblaga y extiende sin romperse. Dúctil, maleable.

### **1.4.1 Materia prima**

La materia prima utilizada para la fabricación de la melcocha es la panela que se obtiene a partir del jugo de caña de azúcar la cual se cultiva mucho en países tropicales y subtropicales de todo el mundo por el azúcar que contiene en los tallos, formados por numerosos nudos, de la caña cosechada se extrae el jugo de caña mediante el uso del trapiche.

La panela es un alimento completamente natural, con características endulzantes, obtenido de la deshidratación del jugo de la caña de azúcar, mediante procesos físicos de evaporación del agua presente en el mismo, este jarabe concentrado al punto de caramelo se lo coloca en moldes y se deja enfriar para obtener la panela, pero que conserva todas sus características alimenticias, nutricionales y sensoriales, condición que la convierten en un producto inocuo y natural, pues en su elaboración no se usa ningún aditivo de síntesis y que cumple cualitativamente con todos los requerimientos de vitaminas, carbohidratos, proteínas, grasas, agua y minerales exigidos dentro de una dieta para ser considerada un alimento completo. Por las anteriores características este producto puede considerarse, previa certificación, como un producto orgánico, ecológico o biológico.

Este dulce producto que históricamente ha hecho parte de la canasta familiar Ecuatoriana, que es nutricionalmente superior al azúcar refinado y muy versátil. Sobresale por los altos contenidos de minerales como calcio, fósforo, hierro, sodio, potasio y magnesio que aporta a la dieta, especialmente de la población infantil que en muchos países se caracteriza por los altos índices de desnutrición.

En lo referente a usos, las diferentes formas de presentación en las que hoy día se comercializa la panela, que van desde los bloques sólidos de diferentes pesos hasta el producto líquido o granulado, para su uso en la industria de conservas, confitería, bebidas refrescantes, panadería, vinos y vinagres. En la industria cosmética la panela también ha sido utilizada en limpiezas faciales y mascarillas, aprovechando la presencia del Ácido Glicólico en su jugo, se está usando en

tratamientos para retardar el envejecimiento de la piel. Complementario a lo anterior, este dulce alimento ha sido utilizado con éxito en la industria farmacéutica en forma de cataplasmas para el tratamiento de infecciones epidérmicas y cicatrización de heridas. Los subproductos obtenidos del proceso productivo de la panela se pueden usar por su alta riqueza en nutrientes para crecimiento y engorde en alimentación animal y como fertilizante en suelos.

#### **1.4.2 Valor nutritivo**

El principal constituyente de la panela es la sacarosa, cuyo contenido varía entre un 75 y un 85 %. Posee menos calorías que el azúcar blanco, ya que contiene de 310 a 350 calorías por 100 gramos frente a las 400 calorías del azúcar blanco.

Además, presenta cantidades apreciables de diferentes vitaminas y minerales, aunque la panela no puede considerarse fuente de estos nutrientes, ya que se consume en pequeñas cantidades, puesto que se utiliza como condimento y no como alimento propiamente dicho, por lo que el aporte de sus vitaminas y minerales a la dieta es muy bajo.

### **1.5 Proceso artesanal**

Para la fabricación tradicional de la melcocha se empieza por derretir la panela con una pequeña cantidad de agua sometida a fuego lento.



**Figura 1.15 Proceso de derretido de panela.**

Cuando la panela está completamente derretida se retira del fuego para filtrar mediante cedazos de tela para eliminar cualquier impureza contenida en esta.



**Figura 1.16 Filtrado del jarabe de panela.**

Luego vuelve al fuego ya de mayor intensidad, entonces se le añade jugo de limón o ácido cítrico disuelto en agua, que da el color blanco, la consistencia como la de un chicle viscoso y evita que vuelva al estado de panela una vez terminado el proceso de fabricación, el operador debe estar pendiente meciendo hasta que llegue al punto de caramelo.



**Figura 1.17 Punto caramelo.**

Una manera de comprobar que la miel de panela ya está en su punto es tomar una porción y sumergirla en agua, si se cristaliza significa que ya está listo, pero si

aún esta blando pegajoso aun le falta cocción, la correcta detección del punto caramelo es determinante para el proceso de fabricación de la melcocha ya que si el punto es bajo (antes del punto de cristalización), al batir la melcocha esta se vuelve muy pegajosa y tarda en llegar al estado quebradizo adecuado, por lo contrario cuando se pasa del punto (pasa del punto de cristalización), al batir la melcocha esta se solidifica rápidamente, es decir, vuelve al punto de panela, este fenómeno se lo conoce comúnmente como panizado y no permite llegar al estado de melcocha.



**Figura 1.18 Prueba del punto de cristalización.**

Cuando se comprueba que ya está en su punto se retira inmediatamente del fuego y se lo coloca sobre una superficie por lo general de piedra o cemento donde se extiende para que se enfríe, cabe destacar que la superficie donde se coloca la masa debe estar humedecida para evitar que se pegue la masa caliente.



**Figura 1.19 Enfriamiento de la miel de panela derretida.**

### **1.5.1 Amasado de melcocha**

La fase de amasado inicia con la masa de la panela derretida ya a una temperatura a la cual se pueda resistir el contacto con la mano entre 35° y 45 °C aproximadamente y su viscosidad haya aumentado para poder mezclar sin que se chorree; se amasa, se estira y se le da vueltas de forma constante, la primera fase de amasado debe realizarse muy rápidamente ya que se le llama de blanqueamiento, es decir por acción del jugo de limón y la oxigenación en la masa esta cambia de color, de café oscuro a un color amarillento claro y con la consistencia de melcocha pero muy suave aun, este amasado dura aproximadamente de 2 a 3 minutos.



**Figura 1.20 Amasado inicial de blanqueo.**

Cuando toda la masa esta batida se procede a colocar en un solo recipiente.



**Figura 1.21 Masa en reposo.**

Luego la masa es dividida en porciones para proceder a la segunda fase de amasado, donde se sigue batiendo de la misma manera estirando y encogiendo la masa para lograr uniformidad y la oxigenación necesaria para que su color sea



amarillo muy claro casi blanco, de esta manera la masa va cambiando su densidad, es decir, aumenta su volumen volviéndose más resistente cada vez, perdiendo su elasticidad y ganando fragilidad, esta fase dura entre 10 y 15 minutos aproximadamente.



**Figura 1.22 Amasado previo al corte en porciones.**

### **1.5.2 Corte en porciones**

Una vez que la masa llega al punto de melcocha es decir disminuye su densidad y se fragiliza, está listo para su corte en porciones, el artesano empieza a alargar la masa dándole una forma cilíndrica hasta un determinado diámetro, entonces, procede a realizar el corte en porciones de manera manual, midiendo la porción con sus puños para luego aplicando una fuerza de cizalladura con sus manos corta la melcocha en porciones aproximadamente iguales, para que la fuerza de

cizalladura actúe efectivamente es necesario el grado de fragilidad que le da el amasado a la melcocha, caso contrario esta solo se estiraría sin cortarse.



Figura 1.23 Corte manual en porciones.

## 1.6 Sistemas de transmisión de potencia

Los aspectos fundamentales a considerar para la selección de un sistema de transmisión son los siguientes:

- Elevada durabilidad
- Correcta Transmisión de fuerza.
- Alta Confiabilidad.
- Mínimo Ruido.

- Costo de Mantenimiento Bajo.
- Relación de velocidad constante.
- Espacio físico pequeño.

Los tipos de transmisión son:

- Bandas
- Cadenas
- Engranajes

#### **1.6.1 Transmisión por Bandas**

##### **Ventajas.**

- Permite transmitir potencia a distancias relativamente grandes e incluso entre ejes cruzados.
- El funcionamiento de la transmisión es suave y sin choques.
- La transmisión funciona a carga limitada, puesto que las bandas pueden transmitir solo la carga determinada, lo que protege a otras unidades de sobrecargas.
- Transmite velocidades altas a torques bajos.
- Es una transmisión sencilla y el costo es relativamente bajo.

### **Desventajas.**

- Grandes dimensiones exteriores
- Cierta inconstancia en la relación de transmisión por causa del resbalamiento de la correa.
- Grandes cargas sobre los árboles de apoyo, y por consiguiente considerables pérdidas de potencia.
- Longevidad relativamente baja (entre los límites desde 1000 hasta 5000 horas).

### **1.6.2 Transmisión por Cadenas**

#### **Ventajas**

- Alta confiabilidad.
- Larga durabilidad.
- Alta eficiencia.
- Mínimo Mantenimiento.
- Relación constante de velocidad, debido a que en este sistema no existe resbalamiento.
- Puede ser parte de un sistema de transmisión tanto de ampliación como de reducción.
- Transmite velocidades bajas a torques elevados.

- El rendimiento es elevado: 98%.
- Posibilidad de impulsar varios ejes desde una misma fuente de potencia.

### **Desventajas**

- Ocupa un amplio espacio físico.
- Costo medio.

### **1.6.3 Transmisión por Engranajes**

#### **Ventajas.**

- Es uno de los mejores medios para la transmisión de movimiento de rotación.
- Pequeño espacio físico.
- Poco ruido.
- Relación constante de velocidad.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Transmite velocidades bajas a torques elevados.
- Alta confiabilidad.

### **Desventajas.**

- Posible interferencia en los dientes.
- Mayor tiempo en la construcción.
- Elevado tiempo de rectificado.
- Costo elevado.

## **CAPÍTULO II**

### **DISEÑO DE LA MÁQUINA**

En la fase de diseño se tomarán en cuenta los requerimientos planteados para la necesidad a cubrir, en este caso el diseño de una máquina automática para el amasado de melcocha y su corte en porciones.

Los requerimientos para el diseño son los siguientes:

- En el proceso se debe tener la menor intervención humana y la mayor inocuidad.
- Alimentación de la masa de panela derretida previamente enfriada a la máquina.
- El diseño debe ser capaz de amasar automáticamente la panela derretida y darle la oxigenación necesaria para que se blanquee.
- La masa blanqueada en la primera fase debe ser desalojada a la siguiente fase.
- En la segunda fase el diseño debe ser capaz de extruir el producto para finalmente realizar el corte en porciones uniformes de manera automática.
- Se debe realizar una selección adecuada de los materiales de la máquina para cumplir con el grado sanitario para manejo de alimentos requerido.

Una vez expuestos los requerimientos, se identifican las etapas del ciclo de amasado y corte en porciones propuestas para el diseño de la máquina.

- Alimentación.
- Amasado.
- Desalojo.
- Extruido.
- Corte en porciones.

Teniendo estas cinco etapas en los diseños a realizar, es necesario decidir de qué manera se va a realizar cada una, es decir, definir en cuales se cuente con un mecanismo y cuales se realice de forma manual. De acuerdo a las condiciones del producto y a la reducción de costos de fabricación, se ha visto la necesidad de realizar manualmente dos fases del proceso:

- La alimentación de la masa de panela derretida a la máquina, debido a que es la manera más fácil y directa de realizarlo.
- El desalojo de la masa blanqueada a la fase de extrusión y corte en porciones, ya que un sistema de desalojo mediante un sistema mecánico o neumático por ejemplo, incrementaría el costo del sistema.

En función de este criterio se propone el siguiente ciclo de trabajo:

- Alimentación manual de la masa de panela derretida.
- Mecanismo de amasado.
- Desalojo manual de la masa blanqueada.
- Mecanismo de extrusión.
- Mecanismo de corte en porciones.



## **2.1 Conceptualización de la máquina**

### **a. Alimentación**

El operador será el encargado de la alimentación de la máquina de forma manual, es decir, luego de que la masa de panela derretida llegó a su punto caramelo, es enfriada hasta que la temperatura baje entre 35° a 45 °C, la toma con las manos y le da una forma alargada que facilite la colocación de la masa en la máquina.

### **b. Amasado**

La masa que el operador alimenta a la máquina es colocada en un mecanismo compuesto por dos brazos excéntricos, los cuales generan un movimiento alternativo de estira – encoge cíclico, esto da como resultado la oxigenación de la masa necesaria para que esta se blanquee y adquiera la condición de correosa.

### **c. Descarga**

Cuando la melcocha cumplió su ciclo de blanqueado se detiene el giro de los brazos amasadores e inmediatamente el operador procede a descargar la masa mediante el uso de una espátula que le facilite el desprendimiento de la melcocha para pasarla a la siguiente fase.

### **d. Extruido**

La melcocha es direccionada manualmente hacia un tornillo sinfín, el cual se encarga de extruir la masa para darle una forma determinada al producto.

### **e. Corte en porciones**

Cuando la melcocha empieza a salir extruida, se tiene un sistema de corte conformado por un mecanismo que le da movimiento a la cuchilla, el sistema recibe la orden de accionamiento mediante un sensor de proximidad el cual detecta la presencia de producto para iniciar el corte.

## 2.2 Diseño del mecanismo de amasado.

El mecanismo para el amasado de la panela derretida previamente enfriada debe cumplir con las siguientes características específicas:

1. Ser fácil de cargar sin riesgo para el operador.
2. Realizar un movimiento giratorio de ciclo oscilatorio, es decir, el mecanismo debe estirar y contraer alternativamente la masa a velocidad constante.
3. El mecanismo debe sostener la masa sin dejar que se desprenda o derrame.
4. El material del mecanismo debe ser apto para el manejo de alimentos.

Con estas cuatro características planteadas para el diseño del mecanismo de amasado, se procedió por medio de pruebas de prototipos construidos y probados en el taller mecánico, a determinar forma, tamaño y dimensiones; para probar la posición y riesgo de choque se construyó el primer prototipo sobre la estructura de una bicicleta como se muestra en la figura.



**Figura 2.1 Prototipo # 1 de sistema de amasado.**

Mediante este prototipo se comprobó que el giro de los brazos excéntricos no tenía ningún problema de choque y se determinó que el sistema de transmisión

de potencia debía garantizar la posición de los brazos ya que si el uno se desfasa un ángulo con respecto al otro entonces éstos chocan.

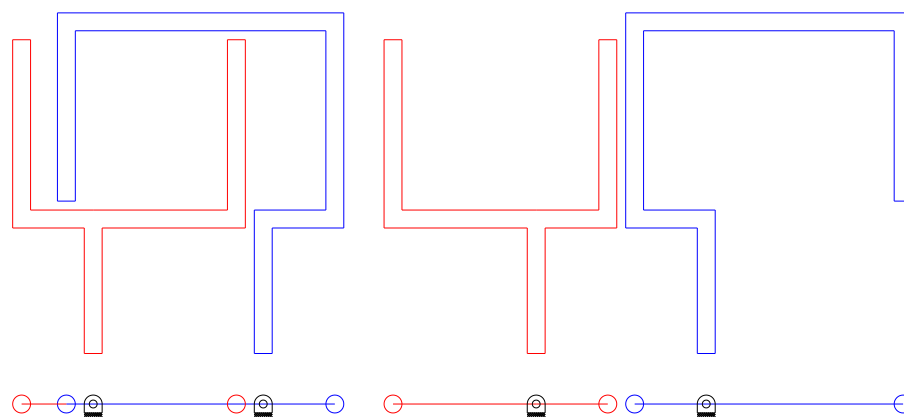
Luego se procedió a armar una estructura más rígida para que pueda soportar carga con el mismo principio de tamaño y posición como se muestra en la figura 2.2.



**Figura 2.2 Prototipo # 2 de sistema de amasado.**

Con el segundo prototipo se logró probar el comportamiento de la masa en los brazos, y muy satisfactoriamente se determinó que la masa no se desprendía de los brazos y que al hacerle girar aunque manualmente y a baja revolución la masa cambió de color por la oxigenación que provocó el movimiento de los brazos, cabe notar que en este prototipo se realizó la transmisión de potencia mediante una banda y poleas presentándose el fenómeno del resbalamiento, por lo tanto, se determinó que la cadena es el sistema de transmisión de potencia que garantiza la posición de los brazos excéntricos.

En base a las pruebas realizadas el prototipo propuesto es el más funcional para el diseño del mecanismo de amasado que se presenta a continuación.



a. Etapa de contracción

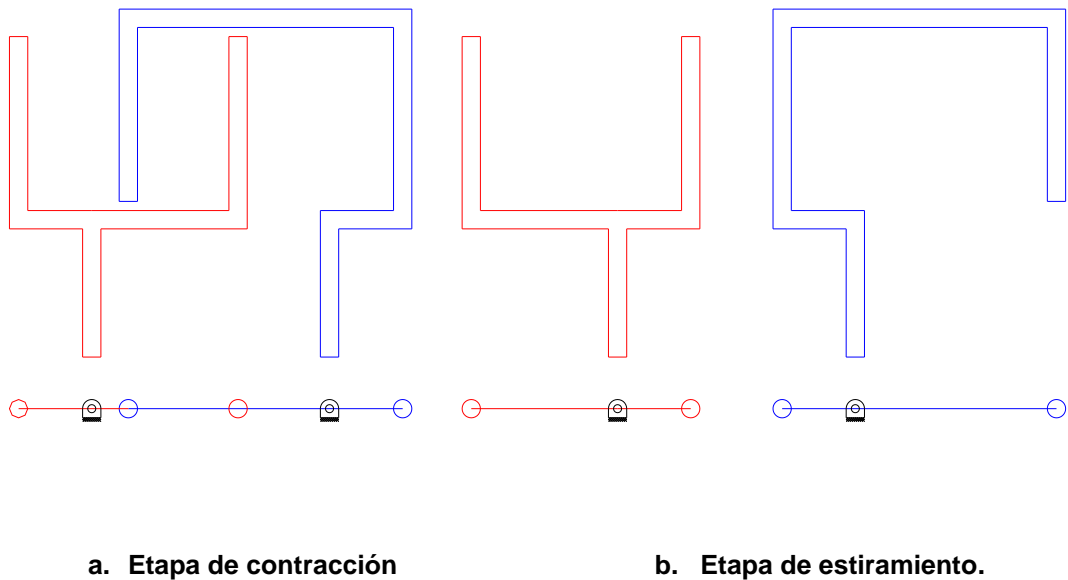
b. Etapa de estiramiento.

**Figura 2.3 Forma y disposición de brazos excéntricos (Prototipo #1)**

La forma consiste en dos brazos excéntricos que se encuentran suspendidos, es decir, trabajan flotantemente ya que no posee recipiente como las amasadoras convencionales, el primer brazo está dispuesto en forma de C (motriz), el otro brazo tiene forma de G (conducido), es una necesidad esta disposición de los brazos para poder lograr su interacción desde un mismo tren de transmisión de potencia con lo cual se logra que la máquina sea más compacta y menos voluminosa en su construcción, los ejes de cada brazo describen un movimiento rotatorio, con el mismo sentido de giro y la misma velocidad, la excentricidad de las estructuras es la que logra que los brazos finalmente describan trayectorias primero estirando y luego contrayendo el producto. Este proceso se repite consecutivamente por cada giro completo de los brazos mientras la melcocha se va oxigenando progresivamente cambiando su color y densidad.

Inicialmente los brazos fueron posicionados de tal manera que en los puntos de intersección haya la menor distancia entre los ejes de cada brazo como se muestra en la (Figura 2.3), pero se comprobó en las primeras pruebas que el torque necesario para mover los brazos en esta posición se elevaba considerablemente debido a la acumulación de la producto en cada eje, luego se cambio de posición colocando los brazos de tal manera que en los puntos de intersección los ejes de los brazos tengan la mayor distancia entre si, como se

muestra en la (Figura 2.4) y se topan con la masa cuando esta pandeada y no acumulada logrando que el torque sea menor sin afectar la eficiencia del amasado.



**Figura 2.4 Disposición final de brazos excéntricos**

El material con el que se planea fabricar los brazos excéntricos es acero inoxidable AISI 304 (Anexo G1), debido a que cuenta con el grado sanitario requerido y a sus condiciones de resistencia.

El sistema amasador de melcocha puede ser considerada como una máquina hiperbólica de dinámica caótica ya que en casi todos los puntos el dulce estará estirado inicialmente y luego contraído, tomando en cuenta que la melcocha es un dulce fibroso y correoso.

Estos dos brazos describen un movimiento rotatorio en el cual se destacan dos posiciones extremas, como se muestra la (Figura 2.4 a.) la distancia entre los brazos es mínima (contracción), mientras que en la (Figura 2.4 b.) se tiene la máxima distancia (expansión), esto garantiza un eficiente amasado del producto gracias a la excentricidad de los brazos que provoca un efecto de estira y encoge

de aproximadamente 2 a 1 de una fase con respecto a la otra, es decir, la masa extendida tiene una longitud de aproximadamente el doble de la masa contraída, esto provoca el blanqueamiento de nuestro producto gracias a la oxigenación que le da este movimiento.

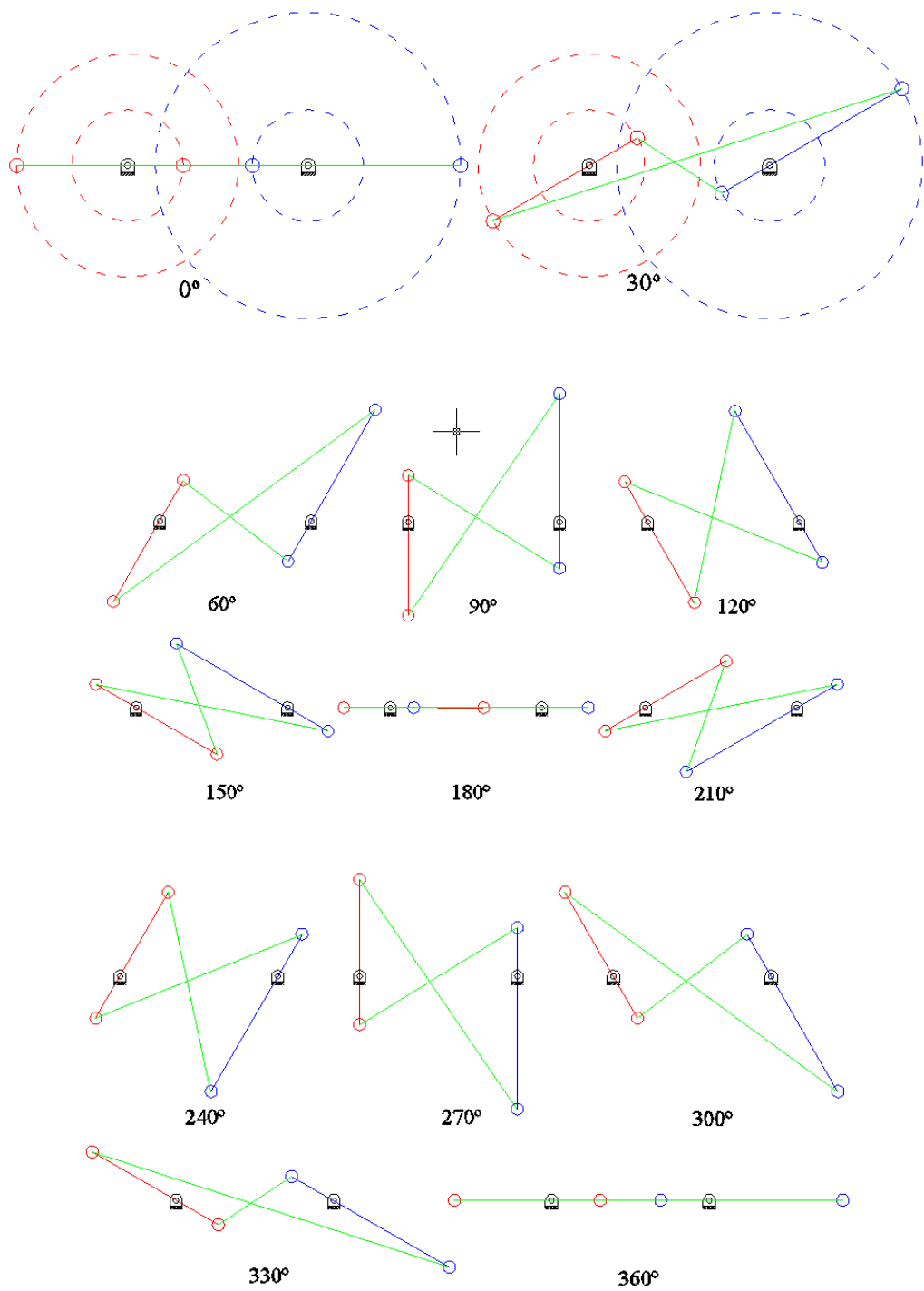


Figura 2.5 Trayectoria de los brazos en un giro completo dividido cada 30°

La trayectoria descrita por el mecanismo de amasado se define en la Figura 2.5 y para una mejor comprensión se ha dividido una revolución en pasos cada 30°, aquí se puede apreciar como los brazos realizan el movimiento de estira – encoge simultáneamente a lo largo de todo el proceso y de forma continua a una velocidad constante.

### **2.2.1 Determinación de las dimensiones de los brazos excéntricos.**

Las dimensiones de los brazos excéntricos fueron definidos mediante pruebas de campo, tomando en cuenta que la carga nominal de producto para el diseño de esta máquina es de 4 Kg, se establece como carga máxima un valor de 6 Kg, en función a la cual se va a realizar el dimensionamiento de las partes.

Se necesita determinar qué espacio volumétrico ocupa la masa de producto en su última fase, es decir, antes del corte en porciones, el procedimiento planteado para calcular el volumen de producto fue medir la densidad de éste en las distintas fases del proceso y a partir de ésta obtener el dato del volumen, para esto se elaboró una parada de melcocha con un peso de 6 Kg siguiendo el proceso tradicional, y procediendo a realizar las mediciones de peso y volumen como datos para la ecuación 2.1.

$$\delta = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

#### **2.2.1.1 Medición de la densidad del producto en sus distintas fases**

El procedimiento para determinar la densidad del producto fue colocar una porción en un recipiente con escala volumétrica con capacidad para 1 litro o 1000 cm<sup>3</sup> y luego tomar el peso del conjunto como se muestra en la figura 2.6, cabe anotar que se necesita obtener el peso únicamente del producto por tanto se debe restar el peso del recipiente que es 86 g.



**Figura 2.6 Lectura de peso para cálculo de densidad**

Obteniéndose los siguientes resultados por cada fase del proceso, aplicando la ecuación 2.1:

<b>PESO (g)</b>	<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>FASE DEL PROCESO DE AMASADO</b>	<b>DENSIDAD (g/cm<sup>3</sup>)</b>
1556	1000	MASA ENFRIADA EN PIEDRA	1.556
1037	1000	PRIMERA AMASADA	1.037
835	750	ANTES DEL CORTE EN PORCIONES	1.113

**Tabla 2.1 Datos de medición de densidad del producto**

De acuerdo a los datos registrados en la tabla 2.1 se escoge el dato de densidad en la fase previa al corte en porciones debido a que éste es el final del proceso de amasado por lo tanto el volumen calculado en esta fase será el que va a alcanzar el producto como se muestra en la figura 2.7.



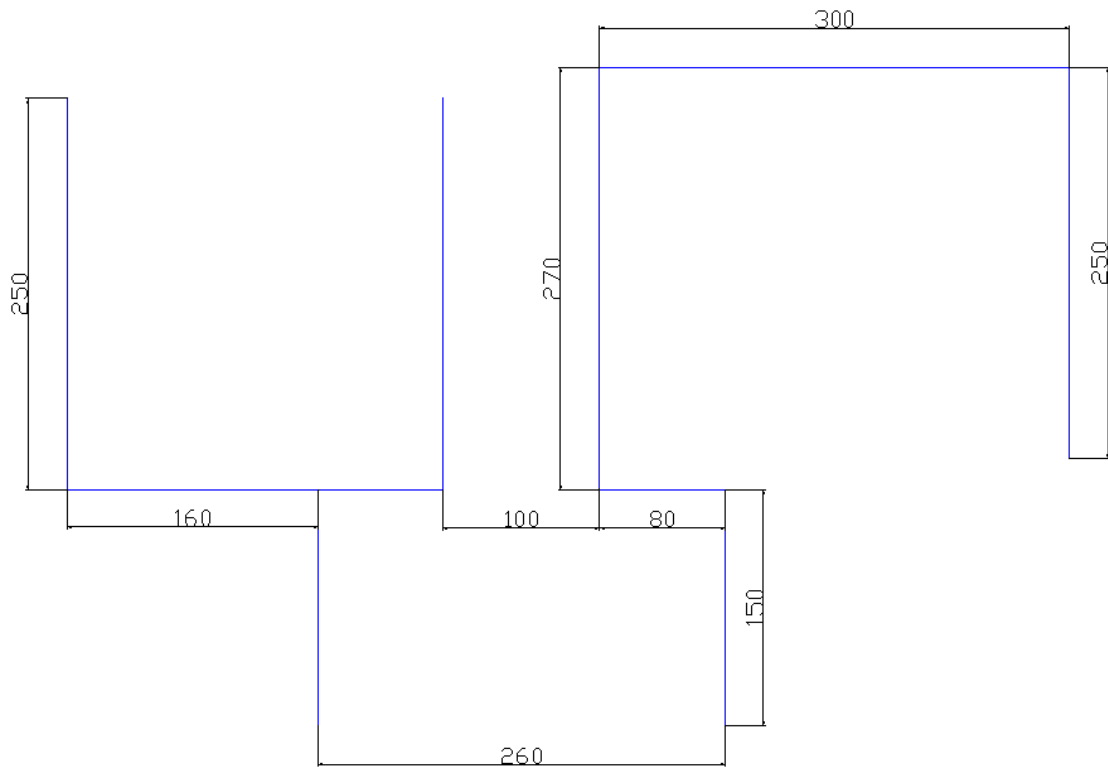


**Figura 2.7 Porción de melcocha amasada**

En función a los criterios expuestos se realizó el cálculo del volumen de la masa para una porción de 6 Kg aplicando la ecuación 2.1. Como se muestra a continuación.

$$V = \frac{m}{\delta}$$
$$V = \frac{6000 \text{ g}}{1.113 \text{ g/cm}^3}$$
$$V = 5390.84 \text{ cm}^3$$

Tomando en cuenta el volumen que ocupa la masa y de acuerdo a la experiencia en campo basado en pruebas con el prototipo # 2 de la Figura 2.2, se definió el siguiente dimensionamiento de los brazos como se muestra en la figura 2.8.



**Figura 2.8 Dimensiones de los brazos de amasado**

### 2.2.2 Determinación de la fuerza de estiramiento

Un parámetro fundamental para el diseño del mecanismo de amasado es la medición de la fuerza necesaria para realizar el estiramiento de la masa de melcocha, es decir, la fuerza necesaria para poder halar la melcocha, una condición predominante es que la resistencia de la masa al momento del amasado va aumentando gradualmente, o sea que al inicio del proceso el esfuerzo es mínimo aumentando considerablemente cuando la masa llega al punto óptimo de oxigenación y quiebre, este punto será considerado como el mayor esfuerzo al que estará sometido el mecanismo, mediante mediciones de campo a lo largo del proceso artesanal del amasado se obtuvo que la fuerza llega a un valor máximo de 10 Kg, éste valor se obtuvo, amarrando una tela resistente alrededor de la masa de melcocha a la cual se engancho una balanza romana pocket de 25 Kg., esto dio la posibilidad de estirar la masa con la balanza sin que se arranque y así medir la fuerza necesaria.

### 2.2.3 Análisis de esfuerzos

Con el fin de obtener el momento flector máximo para estirar la masa entre los brazos de la fase de amasado, se realizó un análisis estático en el brazo # 2 (en forma de G) el cual se toma como referencia por su forma y posición, tomando en consideración las fuerzas y reacciones que actúan sobre este.

Primero se debe definir los valores de las fuerzas que actúan sobre el brazo tanto de la fuerza de estiramiento ( $F_E$ ) como del peso del producto (Q), como se muestra a continuación.

$$F_E = 10 \text{ Kgf.}$$

$$Q = 6 \text{ Kgf.}$$

Para obtener los valores de diseño de las fuerzas se realizó un incremento del 50% para el caso de  $F_E$  y del 65% para el caso de Q tomando en cuenta que influye el peso del material del que están contruidos los brazos, de esta manera se obtiene:

$$F_D = 15 \text{ Kgf.}$$

$$Q_D = 10 \text{ Kgf.}$$

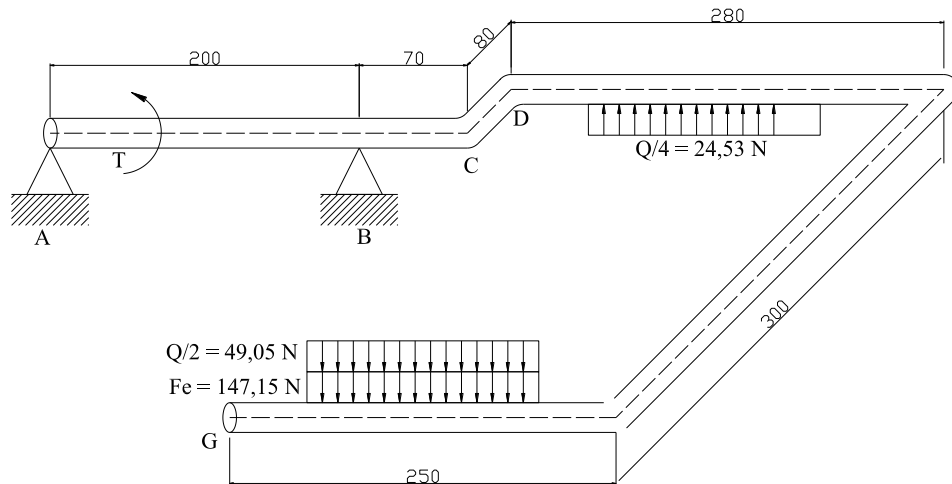
Estos valores deben ser expresados en N (Newton) según el SI, para la conversión se tiene que  $1 \text{ Kgf} = 9.80665 \text{ Newton}$ , obteniendo los siguientes resultados.

$$F_D = 147,1 \text{ N.}$$

$$Q_D = 98,1 \text{ N.}$$

Con respecto a la carga Q se debe considerar la distribución de está sobre el brazo, ya que no está aplicada sobre un mismo punto, entonces se determinó que la carga sobre el eje más alejado del centro de rotación es  $Q/2$  es decir la mitad del producto, mientras que en el eje más cercano al eje de rotación la carga es  $Q/4$  como se muestra en la figura 2.9, con esta distribución de cargas se está considerando condiciones extremas en la operación de los brazos amasadores.

Bajo todas las especificaciones mencionadas anteriormente se plantea el diagrama de cuerpo libre del brazo # 2 de amasado que se muestra a continuación.



**Figura 2.9 Diagrama de cuerpo libre brazo # 2**

En este punto se definen la fuerza total y el torque que actúa sobre el esquema

$$F_T = 147.15N + 49.05N$$

$$F_T = 196.2N$$

$$T = F * d$$

$$T = 196.2N * 0.08m$$

$$T = 15.696Nm$$

El material seleccionado para la construcción del brazo es acero inoxidable AISI 304, el cual tiene las siguientes características de resistencia del material (anexo G1):

$$S_y = 40Kpsi = 276MPa$$

$$S_{ut} = 82.4Kpsi = 568MPa$$

A continuación se va a realizar el análisis de esfuerzo en cada tramo del brazo amasador.

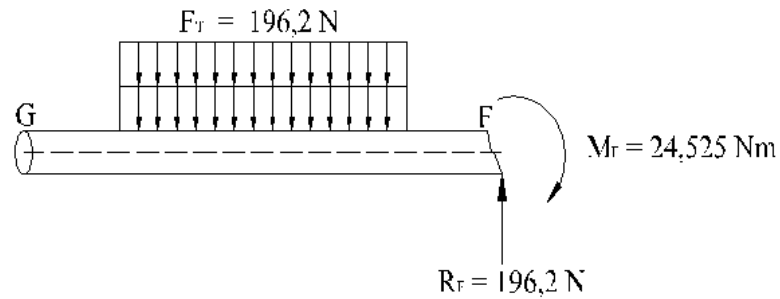


Figura 2.10 Tramo G - F

$$M_F = 196.2 N * 0.125 m$$

$$M_F = 24.525 Nm$$

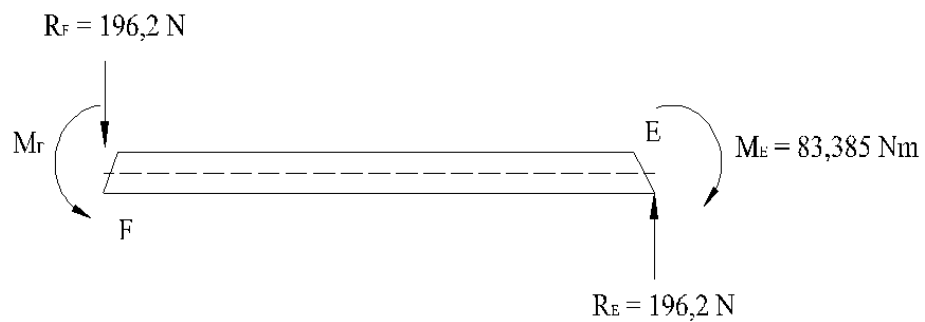


Figura 2.11 Tramo F - E

$$\sum M_E = 0$$

$$M_E = 24.525 Nm + 196.2 N * 0.3 m$$

$$M_E = 83.385 Nm$$

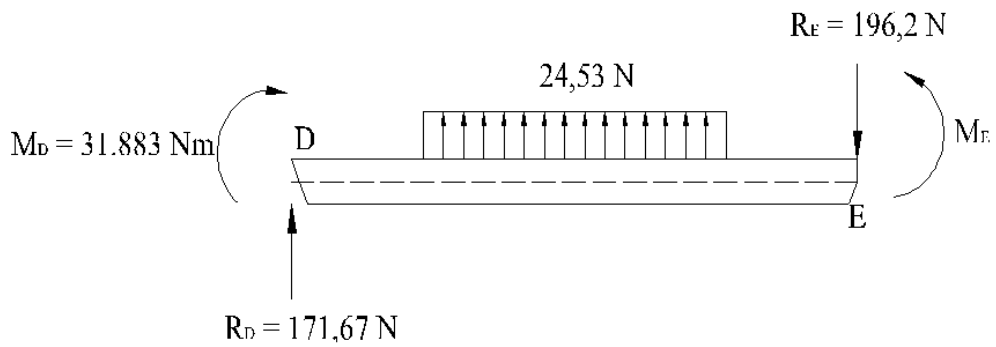


Figura 2.12 Tramo E – D

$$R_D = R_E - 24.525 N$$

$$R_D = 196.2 N - 24.525 N$$

$$R_D = 171.67 N$$

$$\sum M_D = 0$$

$$M_D = 83.385 Nm - 196.2 N * 0.28 m + 24.53 * 0.14 m$$

$$M_D = 31.883 Nm$$

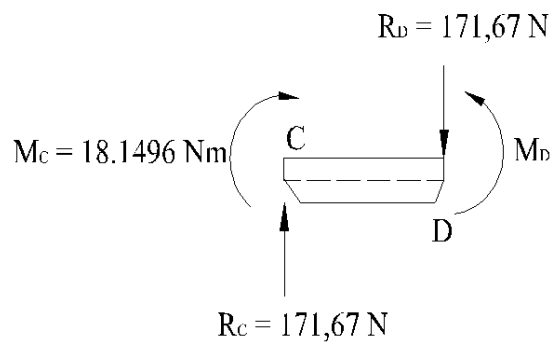


Figura 2.13 Tramo D – C

$$\sum M_C = 0$$

$$M_C = 31.883 Nm - 171.67 N * 0.08 m$$

$$M_C = 18.1496 Nm$$

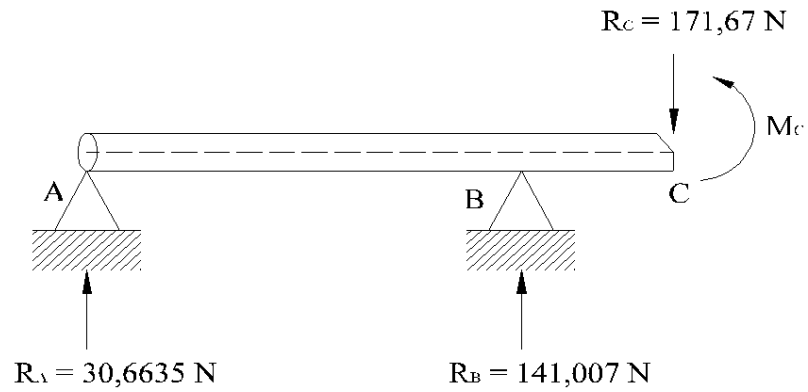


Figura 2.14 Tramo A – C

$$\sum M_A = 0$$

$$F_B = \frac{171.67 N * 0.27 - 18.1496 Nm}{0.20m}$$

$$F_B = 141.007 N$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_A = \frac{18.1496 Nm - 171.67 N * 0.07}{0.20m}$$

$$F_A = 30.6635 N$$

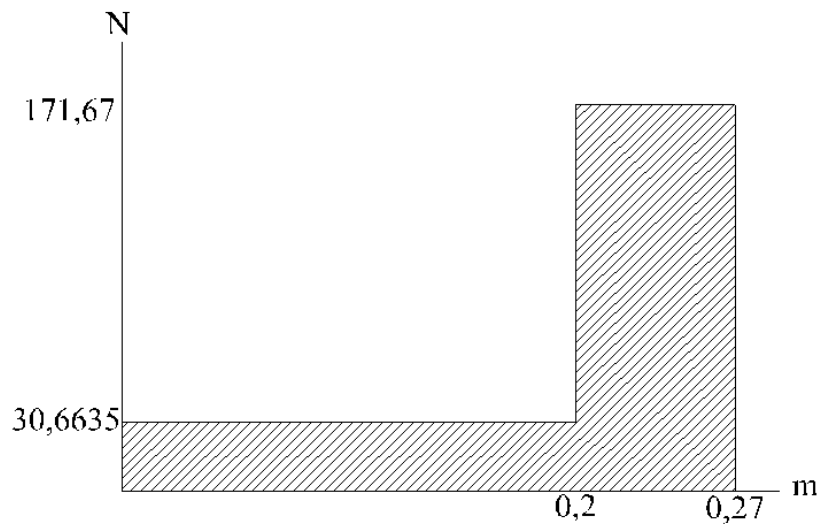


Figura 2.15 Diagrama de fuerza cortante

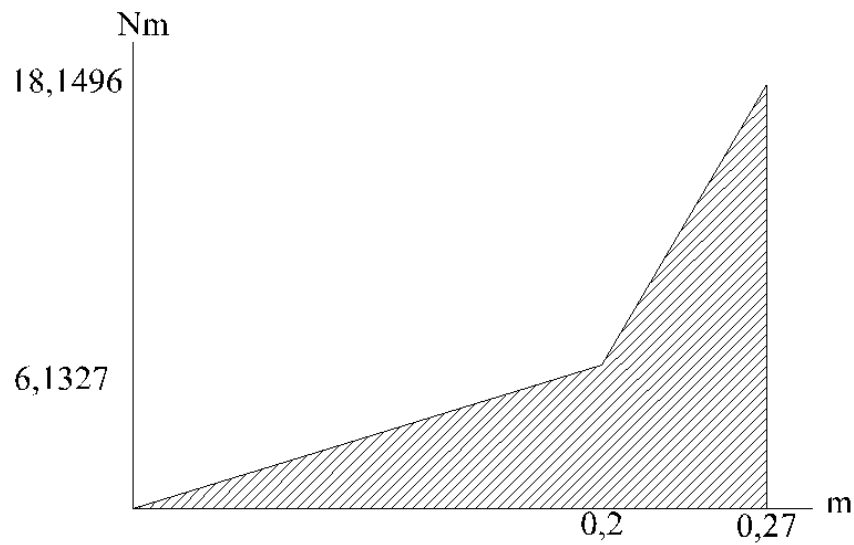


Figura 2.16 Diagrama de momento flector

Después del análisis de esfuerzos se obtuvo como resultado que

El punto crítico es C:

$$M_c = 18.1496 Nm$$

## 2.2.4 Cálculo del diámetro del eje

### 2.2.4.1 Diseño estático.

$$d = \left[ \frac{32\eta}{\pi S_y} \left( M^2 + T^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Asumiendo un  $n = 2$

$$d = \left[ \frac{32 * 2}{\pi * 276 MPa} \left( 8.1496^2 + 15.696^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0.01209 m$$

$$d = 12.09 mm \approx 12.7 mm = \frac{1}{2}'' \text{ estándar comercial}$$



### 2.2.4.2 Diseño a fatiga

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[ \left( \frac{M_a}{S_e} \right)^2 + \left( \frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

El primer valor que se va a determinar es  $S_e$ , para lo cual se procede a calcular cada uno de los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga, de acuerdo a la Ecuación 2.4.

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Factor de superficie

Para determinar el factor de superficie se aplica la ecuación 2.5 para la cual se debe seleccionar los valores de  $a$  y  $b$  de la tabla 2.2, en función del acabado superficial aplicado.

ACABADO DE SUPERFICIE	FACTOR $a$		EXPONENTE $b$
	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.	-0.995

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, J Shigley y C. Mischke, 5<sup>ta</sup> Edición, pág. 318

Tabla 2.2 Factores de acabado de superficies

Acero maquinado en frío

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad \text{Ecuación 2.5}$$

$$K_a = 4.51 \text{MPa} * \left( \frac{68 \text{MPa}}{S_{ut}} \right)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.84$$

### Factor de tamaño

Para el factor de tamaño se tiene los resultados de pruebas de flexión y torsión expresados como se muestra en la ecuación 2.6.

$$k_b = \begin{cases} \left(\frac{d}{0.3}\right)^{-0.1133} & \text{in} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ \left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.1133} & \text{mm} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

$$K_b = \left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.1133}$$

$$K_b = \left(\frac{12.7}{7.62}\right)^{-0.1133}$$

$$K_b = 0.944$$

### Factor de carga

El factor de carga está dado por la ecuación 2.7

$$k_c = \begin{cases} 0.923 & \text{carga axial} & S_{ut} \leq 220 \text{ kpsi (1520 MPa)} \\ 1 & \text{carga axial} & S_{ut} > 220 \text{ kpsi (1520 MPa)} \\ 1 & \text{flexión} & \\ 0.577 & \text{torsión y cortante} & \end{cases} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Por lo tanto.

$$K_c = 0.577$$

## Factor de temperatura

El factor de temperatura se obtiene en función de la temperatura del ambiente de trabajo como se muestra en la tabla 2.3, el ambiente de trabajo de la máquina tiene una temperatura promedio de 28°, por lo tanto se elige el valor más próximo a 20°.

TEMPERATURA, °C	$S_T/S_{RT}$	TEMPERATURA, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.927	700	0.927
400	0.922	800	0.872
450	0.840	900	0.797
500	0.766	1000	0.698
550	0.670	1100	0.567
600	0.546		

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, J Shigley y C. Mischke, 5<sup>ta</sup> Edición, pág. 321

**Tabla 2.3 Efecto de la temperatura de operación sobre la resistencia a la tensión del acero.**  
( $S_T$  = resistencia a la tensión a la temperatura de operación;  $S_{RT}$  = resistencia a la tensión a la temperatura del lugar de trabajo;  $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$ )

De todo lo antes expuesto se tiene que.

$$K_d = 1$$

Factor de efectos diverso

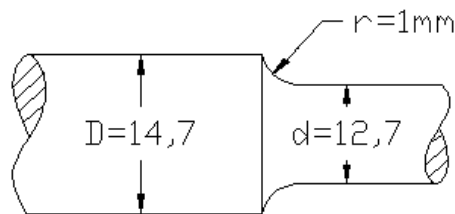
$$K_e = \frac{1}{K_f} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Un enfoque utilizado con frecuencia consiste en emplear el factor de efectos diversos  $K_e$  como factor de reducción de la resistencia, con lo cual sólo se reduce el límite de fatiga. Con este enfoque se define a la ecuación 2.8 como factor de reducción de la resistencia a la fatiga.

Dentro de los efectos diversos se menciona la concentración de esfuerzos por fatiga  $K_f$ , la cual debe utilizarse cuando se diseñe un elemento para evitar falla, es conveniente considerar a  $K_f$  como un factor de concentración de esfuerzos reducido a partir de  $K_t$ , de acuerdo a la ecuación 2.9.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Ahora se procede a determinar el factor de concentración de esfuerzo  $K_t$ , a partir de la configuración de la pieza, para lo cual se asume los valores de D y d en función al diámetro del eje obtenido del análisis estático y el radio de la muesca r, como se muestra en la Figura 2.17.



**Figura 2.17 Barra circular con entalle circunferencial sometida a flexión**

En la figura 2.18 se entra con los valores:

$$\frac{D}{d} = \frac{14.7\text{mm}}{12.7\text{mm}} = 1.157$$

$$\frac{r}{d} = \frac{1\text{mm}}{12.7\text{mm}} = 0.079$$

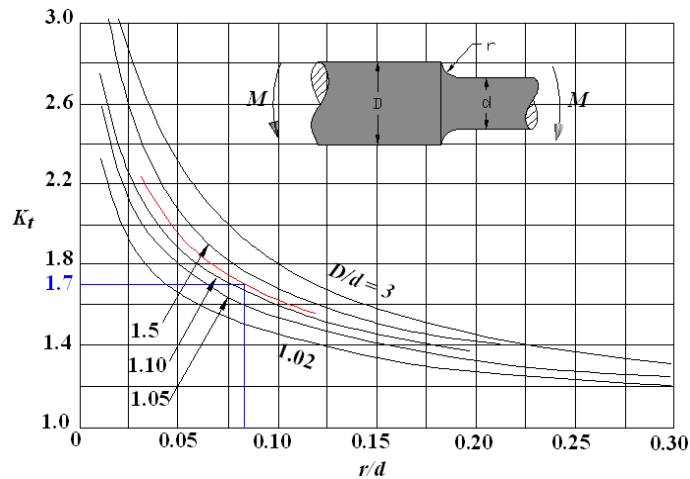


Figura 2.18 Diagrama de factor de concentración de esfuerzo teórico  $K_t$

Y se obtiene  $K_t = 1.7$

A continuación de acuerdo a las especificaciones del material, se halla  $q$  que representa la sensibilidad de la muesca y para el caso de aceros se utiliza la Figura 2.19 para obtener  $q$  en caso de cargas por flexión y axiales, con los valores de  $r = 1 \text{ mm}$  y  $S_{ut} = 0.568 \text{ GPa}$ .

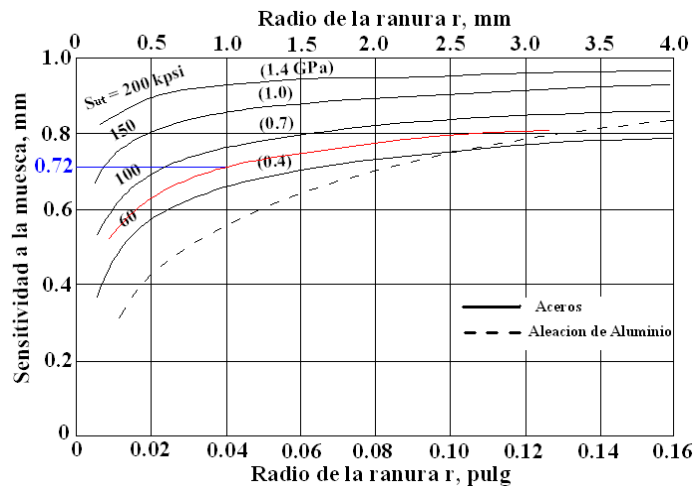


Figura 2.19 Diagramas de sensibilidad a la muesca para aceros y aleaciones de aluminio forjado sometidas a cargas de flexión y cargas axiales, con inversión ambas

Y se obtiene  $q = 0.72$

Se reemplaza estos valores en la ecuación 2.9.

$$K_f = 1 + 0.72 \left( \sqrt{7} - 1 \right) = 1.5$$

$$S'_e = 0.504 S_{ut} \quad \text{Ecuación 2.10}$$

$$S'_e = 0.504 * 568 \text{MPa}$$

$$S'_e = 286.272 \text{MPa}$$

$$S_e = 0.84 * 0.944 * 0.577 * 1 * 0.66 * 286.272 \text{MPa}$$

$$S_e = 87.32 \text{MPa}$$

Los datos obtenidos se reemplazan en la ecuación 2.3 para hallar el diámetro teórico a fatiga.

$$d = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[ \left( \frac{18.1496 \text{ Nm}}{87.32 * 10^6 \text{ N/m}^2} \right)^2 + \left( \frac{15.696 \text{ Nm}}{568 * 10^6 \text{ N/m}^2} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 16.22 \text{ mm}$$

$$\sigma_x = \frac{M * r}{I_x} = \frac{18.1496 \text{ Nm} * 7.9375 * 10^{-3} \text{ m}}{\frac{\pi}{64} * (6.22 * 10^{-3} \text{ m})^4} = 42.401 \text{ MPa}$$

$$I_x = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$\tau_{xy} = \frac{T * r}{J} = \frac{15.696 \text{ Nm} * 7.9375 * 10^{-3} \text{ m}}{\frac{\pi}{32} * (6.22 * 10^{-3} \text{ m})^4} = 18.334 \text{ MPa}$$

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ecuación 2.11}$$

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{42.401MPa}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{42.401MPa}{2}\right)^2 + (18.334MPa)^2}$$

$$\sigma_{\max} = 49.2285MPa$$

$$\sigma_{\min} = -6.8275MPa$$

$$\tau_{\max/\min} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_{\max/\min} = \pm \sqrt{\left(\frac{42.401MPa}{2}\right)^2 + (18.334MPa)^2}$$

$$\tau_{\max} = \pm 28.028MPa$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma' < S_y$$

$$\sigma' = \sqrt{(42.401MPa)^2 + 3(18.334MPa)^2}$$

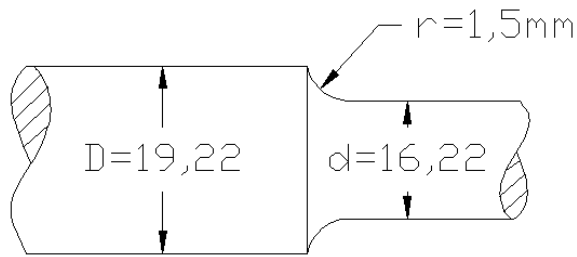
$$\sigma' = 52.974MPa$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{276MPa}{52.974MPa} = 5.21$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} = \frac{276MPa}{49.2285MPa} = 5.6$$

Factor de seguridad  $n = 6$

Tomando como referencia el diámetro a fatiga encontrado, figura 2.20, se tiene que determinar el nuevo valor de  $S_e$ .



**Figura 2.20 Diámetro a fatiga de la barra circular**

Siguiendo el procedimiento anteriormente descrito y manteniendo los mismos valores de los factores  $K_a, K_c, K_d, S_e'$  y cambiando los factores  $K_b, K_e$  en función al diámetro a fatiga se obtiene los siguientes resultados:

$$K_b = 0.92$$

$$K_t = 1.65$$

$$q = 0.76$$

$$K_f = 1.494$$

$$K_e = 0.6693$$

Aplicando la ecuación 2.4, ahora  $S_e = 85.442MPa$

Con estos resultados se calcula el nuevo valor de d con  $n = 6$ , mediante la ecuación 2.3

$$d = 23.57mm$$

$$tg 2\phi = \frac{-2\tau_{xy}}{\sigma_x}$$

$$tg 2\phi = \frac{-2 * 18.334MPa}{42.401MPa}$$

$$2\phi = tg^{-1} \left( \left[ -0.8648 \right] \right)$$

$$2\phi = -40.85^\circ$$

$$tg 2\phi = \frac{\sigma_x}{2\tau_{xy}}$$

$$tg 2\phi = \frac{42.401MPa}{2 * 18.334MPa}$$

$$2\phi = tg^{-1} \left( \left[ .1563 \right] \right)$$

$$2\phi = 49.15^\circ$$



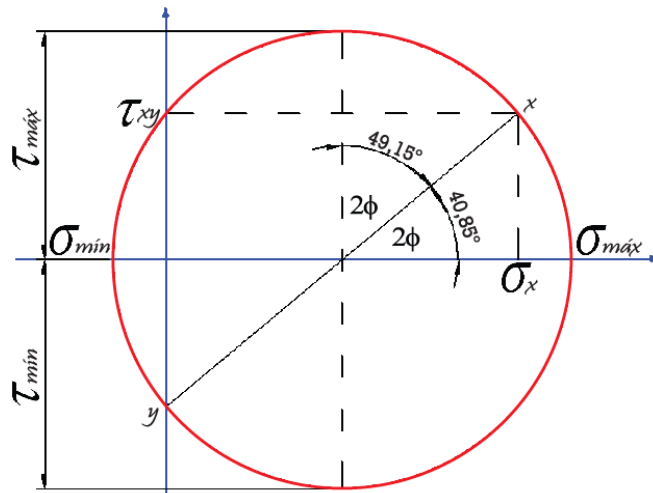


Figura 2.21 Circulo de mhor

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{máx} - \sigma_{mín}}{2} = \frac{49.2285 \text{ MPa} + 6.8275 \text{ MPa}}{2} = 28.028 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{máx} + \sigma_{mín}}{2} = \frac{49.2285 \text{ MPa} - 6.8275 \text{ MPa}}{2} = 21.2005 \text{ MPa}$$

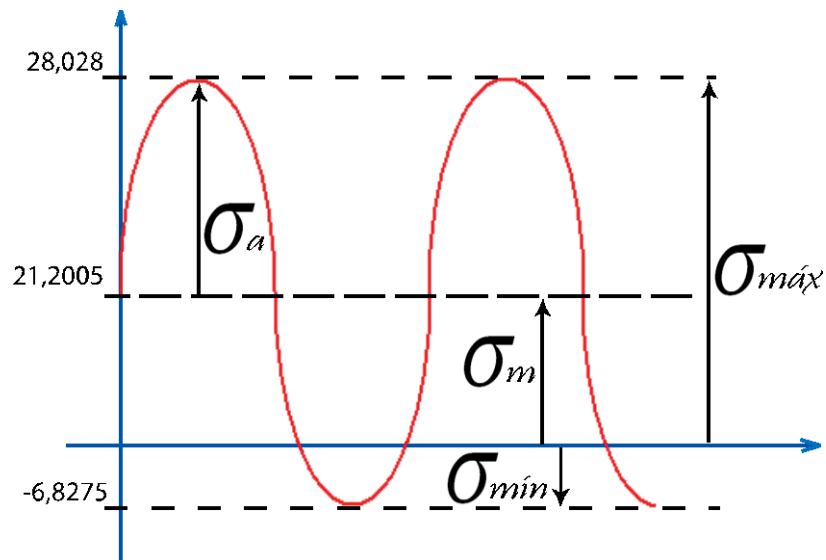


Figura 2.22 Curva de esfuerzos

$$N = \left( \frac{S_f}{a} \right)^{1/b} \rightarrow S_f = \sigma_a$$

$$a = \frac{0.9S_u^2}{S_e} = \frac{0.9 * 568MPa^2}{85.442MPa} = 3058.513MPa$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0.9S_u}{S_e}\right) = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0.9 * 568MPa}{85.442MPa}\right) = -0.259$$

$$N = \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^{1/b} = \left(\frac{28.028MPa}{3058.513MPa}\right)^{1/-0.259} = 73.860 * 10^6 \text{ ciclos (Vida infinita)}$$

Criterio de Goodman

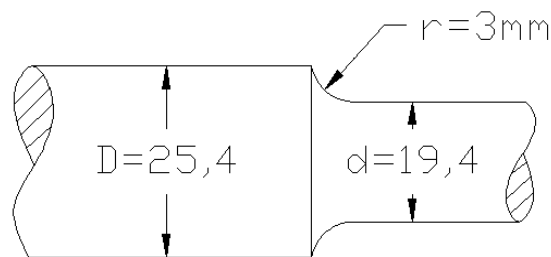
Esfuerzo seguro

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_u} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{28.028MPa}{85.442MPa} + \frac{21.2005MPa}{568MPa} = \frac{1}{\eta}$$

$$n = 2.73 \Rightarrow n = 3 \text{ factor de seguridad corregido}$$

Finalmente se designan los diámetros de diseño de la barra circular como lo muestra la figura 2.23.



**Figura 2.23 Diámetro de diseño de la barra circular**

Con los diámetros definitivos de la barra circular se procede a definir el valor de  $S_e$  para comprobar el diámetro a fatiga en función al factor de seguridad encontrado bajo el criterio de Goodman.

Obteniendo los siguientes factores:

$$K_b = 0.90$$

$$K_t = 1.5$$

$$q = 0.82$$

$$K_f = 1.41$$

$$K_e = 0.71$$

Aplicando la ecuación 2.4, finalmente  $S_e = 88.564MPa$

Con estos resultados se calcula el nuevo valor de  $d$  con  $n = 3$ , mediante la ecuación 2.3.

$$d = 18.49mm \approx 19.05mm = \frac{3}{4}''$$

De esta manera se comprueba que el diámetro adecuado para la construcción de los brazos amasadores es de:  $\frac{3}{4}''$ , con un cambio de sección a  $1''$  en los puntos de apoyo (Figura 2.14).

Después de definir los diámetros de los brazos amasadores, éstos necesitan los puntos de apoyo giratorios para cumplir con su fin, entonces se procede a seleccionar las chumaceras.

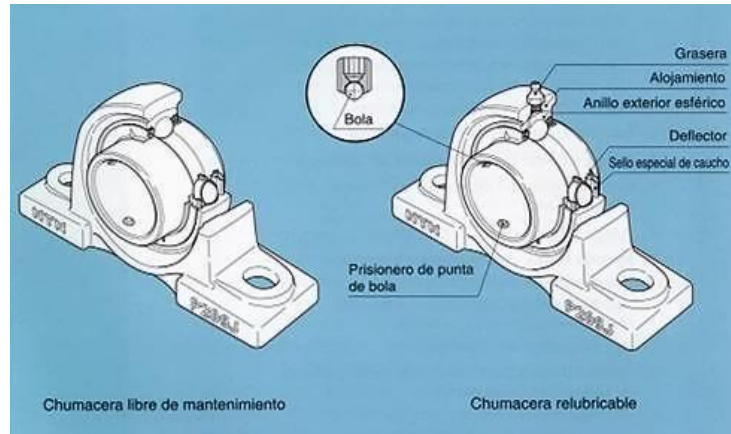
### 2.2.5 Chumaceras

Las chumaceras se componen de un rodamiento rígido de bolas y su alojamiento (armazón) de material hecho con hierro fundido (alto grado) o de acero prensado, disponibles en variadas formas.

La superficie exterior del rodamiento y la superficie interna de la chumacera son esféricas, lo que permite su auto-alineabilidad.

Por lo general y dependiendo de su aplicación, las chumaceras se clasifican en dos tipos como lo indica la figura 2.24, que son:

- a. No relubricables
- b. Relubricables



**Figura 2.24 Tipos de chumaceras**

### **2.2.5.1 Chumaceras Relubricables**

Su diseño permite la relubricación, aun en los casos en que exista desalineamiento de 2 grados a la izquierda o derecha.

El uso de la chumacera tipo relubricables se hace necesario cuando se presentan situaciones como las siguientes:

1. Temperatura de operación alcanza los 100° C
2. Salpicadura de agua y/o cualquier otro liquido nocivo al rodamiento
3. Maquinaria de uso intermitente operando en áreas con alta humedad

### **2.2.5.2 Rodamientos de las chumaceras**

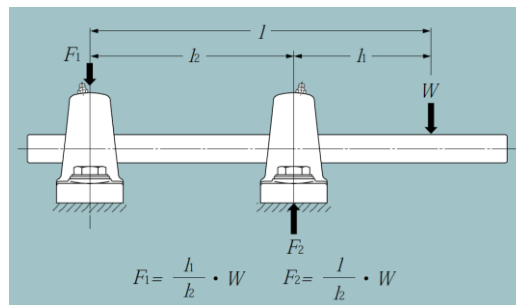
- a. Rodamiento con prisionero de fijación: Adecuados para trabajar en aquellas aplicaciones de uso común, en las que no existe alta velocidad ni vibración.

- b. Rodamientos con anillo de fijación excéntrico con prisionero: Estos rodamientos deben utilizarse para aquellas aplicaciones en las que se requiera soportar carga y mayor velocidad.
- c. Rodamientos con manguito de fijación.: Adecuados para trabajos en los que se requiere soportar alta velocidad y vibración.

### 2.2.5.3 Selección de la chumacera

Una vez determinado el diámetro del eje de los brazos es necesario seleccionar un modelo de chumacera que se adapte al sistema motriz; de acuerdo a la disposición de los brazos excéntricos, para disminuir la carga que absorbe cada chumacera, el diseño plantea colocar dos chumaceras en cada barra, como puntos de apoyo, para su correcta alineación y posicionamiento, es decir, cuatro en total.

En la figura 2.25 se presenta el diagrama de cuerpo libre del eje de los brazos excéntricos que viene a ser la misma para los dos casos.



**Figura 2.25 Diagrama de cuerpo libre de eje y chumaceras.**

De acuerdo a los datos del diseño del sistema de amasado se tiene los siguientes valores:

$$l = 290mm$$

$$l_1 = 70mm$$

$$l_2 = 220mm$$

$$W = 196.2N$$

De donde se obtiene que

$$F_1 = \frac{70mm}{220mm} * 196.2N = 62.43N$$

$$F_2 = \frac{290mm}{220mm} * 196.2N = 258.63N$$

Para efectos de cálculo se toma el mayor valor que es de 258.63 N.

$$S_o = \frac{C_o}{P_o} \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Donde,

So: Factor de seguridad.

Co: Capacidad básica de carga estática, N {kgf} (rodamientos radiales: Cor, rodamientos axiales: Coa).

Po: Carga equivalente estática, N {kgf} (radial: Por, axial: Poa).

Para hallar el valor del factor de seguridad se toma en cuenta la tabla 2.4.

Condiciones de operación	Rodtos. de bolas	Rotos. de rodillos
Requerimiento de alta precisión rotacional	2	3
Requerimiento de precisión rotacional normal (Aplicación universal)	1	1.5
Permite ligero deterioro de la precisión rotacional (Baja velocidad, altas cargas, etc.)	0.5	1

**Tabla 2.4 Valores mínimos del factor de seguridad So**

$$S_o = 0.5$$

Análisis estático:

$$Si \frac{F_a}{F_r} \leq 0.8$$

$$P_o = Fr = 258,63N$$

Aplicando la ecuación 2.12.0

$$C_o = 0.5 * 258.63N = 129.32N \text{ requerido}$$

Análisis dinámico

$$P = X * Fr + Y * Fa \quad \text{Ecuación 2.13}$$

$$f_s = 0.5 \quad f \text{ actor de servicio (exigencias reducidas)}$$

$$f_h = 0.487 \quad \text{factor de vida}$$

$$f_n = 0.974 \quad \text{factor de velocidad (36rpm)}$$

$$f_t = 1 \quad \text{factor de temperatura}$$

$$f_c = 0.62 \quad \text{factor de confiabilidad(95\%)}$$

$$P = Fa + Fr = 258.62N$$

$$C = P * \frac{f_h}{f_n * f_t * f_c} \quad \text{Ecuación 2.14}$$

$$C = 258.62 * \frac{0.487}{0.974 * 1 * 0.62}$$

$$C = 208.56N \text{ requerido}$$

El valor de C es muy bajo en relación a la carga mínima que soporta una chumacera para un diámetro de una pulgada, por lo tanto, se basa la selección en función al diámetro del eje.

Entonces se selecciona una chumacera NTN de las siguientes características:

Bolt size	Max. load recommended N	Bearing number	Basic load ratings		Mass of unit kg
			dynamic $C_r$	static $C_{or}$	
M10	14 700	UC205D1	14 000	7 850	6.5

Tabla 2.5 Características del rodamiento de chumacera

$C_o$  Requerido  $\leq C_o$  tabulado OK!!!

C requerido  $\leq C$  tabulado OK!!!

Esta es una chumacera de tipo relubricable de la marca NTN con designación UCP205-100D1 y rodamiento número UC205-100D1 para un diámetro de una pulgada, ver características en (Anexo A1), este modelo es conveniente para el propósito que se persigue en este diseño por su costo y funcionalidad.



Figura 2.26 Chumacera NTN UCP205-100D1

### 2.2.6 Velocidad de rotación

La correcta determinación de la velocidad de rotación de los brazos amasadores es fundamental para su funcionamiento óptimo debido a que si esta es muy elevada se corre el riesgo de que se desprenda y si es muy baja provocará que la homogeneización de la masa no se realice por completo.

Con este antecedente se decidió tomar como referencia la velocidad de amasado del proceso tradicional de fabricación de melcochas, para lo cual se hizo las respectivas mediciones de campo contando el número de ciclos por minuto que realizaba el artesano en las distintas fases del proceso, obteniendo los siguientes resultados en la tabla 2.6.



<b>FASE</b>	<b>(MÍNIMO) ciclos/min</b>	<b>(MÁXIMO) ciclos/min</b>	<b>(PROMEDIO) ciclos/min</b>
Pre-blanqueado	17.63	20.24	19.18
Blanqueado	10.57	15.14	12.34

**Tabla 2.6 Datos de velocidad manual de amasado en ciclos/min.**

En función a los datos obtenidos de la prueba de campo se puede analizar que por la característica de la masa, ésta al principio es más suave y maleable por lo tanto el amasado es más rápido, y a medida que va avanzando el proceso ésta va adquiriendo una condición más dura aumentando su volumen, por lo tanto el esfuerzo para amasar es mayor y disminuye la velocidad.

El mecanismo de amasado simula el movimiento de estira – encoje que realiza el artesano con la diferencia que la longitud de estiramiento es mucho más corta, tomando en cuenta el mayor número de ciclos por minuto que es de 19.18 como referencia para determinar la velocidad de los brazos se realizaron pruebas experimentales bajo el principio de que a mayor velocidad se reduce el tiempo de blanqueamiento, se necesita aumentar la velocidad de amasado para compensar la longitud de estiramiento del mecanismo, entonces se determinó que la velocidad óptima de giro es de 40 rpm (4.19 rad/seg).

### **2.2.7 Torque necesario para girar los brazos.**

Otra dato importante para el mecanismo es el torque necesario para girar el mecanismo completo, es decir, los dos brazos conectados entre sí girando en el mismo sentido y a las mismas revoluciones, este dato se obtuvo experimentalmente colocando un sistema de transmisión de potencia provisional y soldando una tuerca al eje del brazo motriz con el objetivo de medir el torque de accionamiento que tendría que realizar un motor para este fin, para esta práctica experimental se utilizó un torquímetro, entonces se procedió a colocar carga en los brazos amasadores, es decir, masa de melcocha en su fase final de

blanqueamiento que es cuando mayor oposición presenta de esta manera se midió un torque máximo de 190 Nm como se muestra en la figura 2.27.



**Figura 2.27 Medición de torque en brazos amasadores.**

### **2.2.8 Potencia necesaria para girar los brazos**

El cálculo de la potencia viene dado por la ecuación 2.15, que sirve para transformar la potencia mecánica en potencia eléctrica.

$$P = T * \omega \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Donde,

P = Potencia (Kw).

T = Torque (Nm).

$\omega$  = Velocidad angular (rad/seg).

Entonces,

$$P = 190 Nm * 4.19 \frac{rad}{seg}$$

$$P = 796 W$$

La potencia mecánica requerida por el motor viene dada por la ecuación 2.16:

$$P_M = \frac{P}{\eta_c} \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Donde:

$P_M$  = Potencia mecánica

$\eta_c$  = Rendimiento de la cadena (98%) (Sección 1.6.2)

$$P_M = \frac{796 W}{0.98}$$

$$P_M = 812 W$$

Potencia eléctrica del motorreductor viene dada por la ecuación 2.17.

$$P_e = \frac{P_M}{\eta_M} \quad \text{Ecuación 2.17}$$

Asignando el rendimiento del motor como  $\eta_M$  equivalente al 76%, tomado del catalogo del fabricante aplicando que  $\eta = P_2/P_1$  como se muestra en el anexo C1, entonces:

$$P_e = \frac{995}{0.76}$$

$$P_e = 1309 W \approx 2HP$$

### 2.2.9 Selección del Motorreductor

Se seleccionó un Motoreductor Asíncrono de las siguientes características:

Marca:	ROSSI MR V 535 UO4E 208
Potencia:	1.5 Kw
Voltaje:	110/220 V
Amperaje:	21.4/9.8 A.
Velocidad motor:	1650 rpm.
Frecuencia:	60Hz
i:	47
Velocidad de salida:	36 rpm.
Rendimiento $\eta_M$ :	76%

Información más detallada acerca de las características técnicas del motorreductor en el anexo C1.

El siguiente paso es definir un sistema de transmisión de potencia para dar movimiento a los brazos excéntricos.

Luego del análisis correspondiente de los diferentes tipos de transmisión de potencia citados en la sección 1.6, se elige como más adecuada para los brazos amasadores a la Transmisión por Cadenas, ya que no existe resbalamiento ni distensión, es fundamental que el sistema mantenga su posición, debido a que en pruebas con los prototipos se comprobó que si los brazos se desfasan de su alineación estos chocan, el motor estará conectado al brazo numero 1 (motriz) y

mediante la cadena se transmite el movimiento al brazo dos (conducido), cabe destacar que en esta ocasión la transmisión por cadena no eleva ni disminuye la velocidad como suele ser su aplicación habitual, en el sistema es una necesidad que los dos brazos giren a la misma velocidad ya que de esto depende la sincronización del movimiento y no haya desfase.

### 2.2.10 Selección de cadena

Para la selección de la cadena se tiene los siguientes datos:

$$P = 1309 \text{ W} = 1.75 \text{ HP (Potencia mecánica)}$$

$$n = 36 \text{ rpm}$$

Se obtiene la potencia de diseño mediante la expresión:

$$H_D = H * K_S \quad \text{Ecuación 2.18}$$

Donde  $K_S$  es el factor de servicio y se obtiene de la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICA DEL IMPULSO	FUENTE DE POTENCIA MOTRIZ	
	CARACTERÍSTICA DE MOMENTO TORSIONAL NORMAL	MOMENTO TORSIONAL ALTO O NO UNIFORME
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Choque ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Choque mediano	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Choque fuerte	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

**Tabla 2.7 Factores de servicio sugeridos  $K_S$  para transmisiones de potencia.**

Donde,

$$K_S = 1.1$$

Entonces,

$$H_D = 1.75 \text{ HP} * 1.1 = 1.9 \text{ HP}$$

Luego se necesita determinar el valor de la potencia nominal en función a la velocidad de giro de la tabla 2.8.

VELOCIDAD DE LA RUEDA, rpm (rev/min)	NÚMERO ANSI DE CADENA					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44*	1.46*	3.45*	1.90*	6.72*	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56*	1.89*	4.48*	2.46*	8.71*	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1000	0.68*	2.31*	5.48	3.01	10.7	18.3
1200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1400	0.93*	3.13*	7.41	2.61	14.4	18.1
1600	1.05*	3.53*	8.36	2.14	12.8	14.8
1800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2000	1.27*	4.32*	7.72*	1.52*	9.23*	10.6
2500	1.56	5.28	5.51*	1.10*	6.58*	7.57
3000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76

Tipo A                                  Tipo B                                  Tipo C

Determinado a partir de las tablas ANSI mediante interpolación lineal.

Nota: Tipo A: con lubricación manual o por goteo; tipo B: con lubricación de disco o por baño; tipo C: lubricación con chorro de aceite.

Fuente: Recopilada de ANSI B29.1-1975 solo para información de B29.9-1958.

**Tabla 2.8 Capacidad de potencia (en HP) de una cadena de rodillo de paso sencillo y un solo torón (o cordón) para una rueda catarina de 17 dientes.**

Para este caso el valor de la velocidad de giro de 36 rpm, no está dentro de la tabla para poder determinar la potencia nominal.

Mediante el método de extrapolación se puede determinar que a 36 rpm la capacidad de potencia es de 0.26 lo cual resulta ínfimo para el cálculo de la potencia corregida.

$$Hr' = Hr * K_1 * K_2$$

Ecuación 2.19

$$Hr' = 0.26 * 0.85 * 1 = 0.23 \text{ HP}$$

De acuerdo a los parámetros mencionados y a la disponibilidad comercial se va a basar la selección de la cadena en función de la resistencia mínima a la tensión, la carga a la que está sometido el mecanismo resulta menor en comparación al rango de resistencia última permisible bajo el cual trabajan las cadenas impulsoras existentes en el mercado.

La cadena seleccionada es una 40 ASME/ANSI (Figura 2.28) con un paso diametral de  $\frac{1}{2}$ ", por su facilidad comercial. Las especificaciones técnicas se encuentran en el (Anexo B1).



**Figura 2.28 Cadena de rodamiento estándar de tramo único**

De acuerdo a la cadena seleccionada y a la aplicación que es netamente de transmisión de potencia sin variación de velocidad, se utilizará el piñón más pequeño recomendado con una cantidad mínima de 15 dientes para un giro más suave del piñón conducido que es de la misma dimensión, con las siguientes características:

N = 15 (número de dientes)

# 40

Paso diametral de  $\frac{1}{2}$ "

OD = 67.40 mm (diámetro externo)

Peso Aprox. = 0.8 Kg.

C = 260 mm (distancia entre centros)

La longitud aproximada de la cadena puede obtenerse por la siguiente ecuación:

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 \left(\frac{C}{p}\right)} \quad \text{Ecuación 2.20}$$

$$\frac{L}{p} = \frac{2 * 260mm}{12.7mm} + \frac{15 + 15}{2} + \frac{(5 - 15)^2}{4\pi^2 \left(\frac{260mm}{12.7mm}\right)}$$

$$\frac{L}{p} = 56 \text{ eslabones}$$

$$L = 711mm$$

El diámetro de paso del piñón ( $D_p$ ) se calcula mediante la expresión:

$$D_p = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N}\right)} \quad \text{Diámetro de paso de la rueda catarina}$$

$$D_p = \frac{12.7mm}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{15}\right)} \quad \text{Ecuación 2.21}$$

$$D_p = 61.08mm$$

$$V = \frac{Npn}{12} \quad \text{Velocidad de desplazamiento de la cadena}$$

$$V = \frac{15 * 12.7mm * 36rpm}{12} \quad \text{Ecuación 2.22}$$

$$V = 571 \frac{mm}{min} \rightarrow \text{Lubricación Tipo I (manual)}$$

Para comprobar que la cadena seleccionada resiste la carga a la que está sometido el mecanismo se calcula la carga radial del piñón y se compara con el valor de la resistencia mínima a la tensión que es de 13.920 N (Anexo B1).



## Carga debido a cadenas

Las cargas tangenciales en ruedas dentadas, cuando transfieren potencia por medio de cadenas, pueden ser calculadas según la ecuación 2.23<sup>3</sup>.

$$K_t = \frac{19.1 * 10^6 * H}{D_p * n} \quad \text{Ecuación 2.23}$$

Donde,

$K_t$  : Carga tangencial de la rueda dentada o polea, N

$H$  : Potencia transmitida, Kw

$D_p$  : Diámetro de paso de la rueda dentada o polea, mm

$$K_t = \frac{19.1 * 10^6 * 1.3Kw}{61.08mm * 36rpm}$$
$$K_t = 11292 N$$

Para transmisiones con cadenas, la ecuación 2.24 puede ser utilizada si se toman en consideración las vibraciones y las cargas de choque.

$$K_r = f_b * K_t \quad \text{Ecuación 2.24}$$

Donde,

$K_r$  : Carga radial de la rueda dentada o polea, N

$f_b$  : Factor de correa o cadena (**Tabla 2.9**)

---

<sup>3</sup> Fuente : CATALOGO NTN. NO. 2202 - VII/S, pág. A - 23

Factor de correa o cadena	$f_b$
Cadena (sencilla)	1.2~1.5
Correa en V	1.5~2.0
Correa de tiempo	1.1~1.3
Correa Plana (con polea tensora)	2.5~3.0
Correa Plana	3.0~4.0

Tabla 2.9 Factor de cadena  $f_b$

Entonces,

$$f_b : 1.2$$

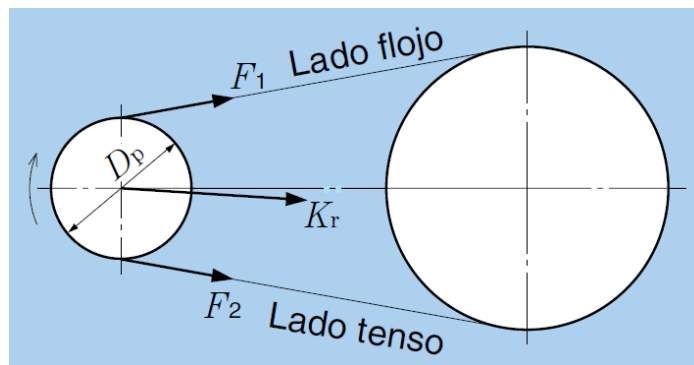


Figura 2.29 Cargas en cadenas.

$$K_r = 1.2 * 11292$$

$$K_r = 13550 \text{ N} \text{ Requerida}$$

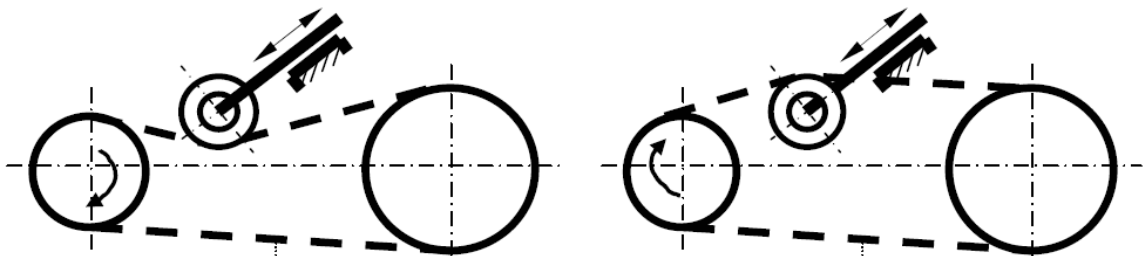
Por lo tanto se llega a determinar que la resistencia mínima a la tensión de la cadena ANSI 40 es mayor que las cargas tangencial y radial a la que está sometida la cadena.

$$K_t = 11290 \text{ N} \text{ Requerido} \leq S_u = 13920 \text{ N} \text{ tabulado} \text{ OK!!!}$$

$$K_r = 13550 \text{ N} \text{ Requerido} \leq S_u = 13920 \text{ N} \text{ tabulado} \text{ OK!!!}$$

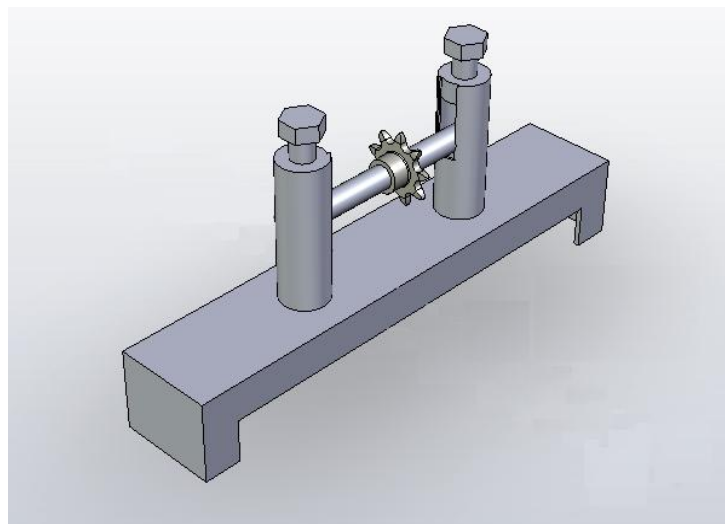
Generalmente, en las transmisiones por cadenas una de las ruedas es desplazable para garantizar el tensado adecuado de la cadena, de no ser así, se introducen dispositivos reguladores de la requerida tensión de la cadena. Habitualmente, con auxilio de dispositivos reguladores se puede compensar el alargamiento de la cadena hasta la longitud de dos eslabones, después de esto es conveniente quitar dos eslabones de la cadena y situar el dispositivo regulador en posición inicial.

A continuación se presenta el esquema del templador de la cadena Figura 2.30.



**Figura 2.30** Esquemas de transmisiones con cadenas empleando dispositivos tensores.

Para el efecto se diseñó el siguiente templador de la cadena:



**Figura 2.31** Templador de la cadena.

## **2.3 Diseño del mecanismo de extrusión y corte en porciones.**

Para cumplir con el objetivo de cortar en porciones el producto es necesario realizar un proceso previo que le dé la forma adecuada, es por eso, que se decidió diseñar un sistema de extrusión para éste fin.

### **2.3.1 Diseño del sistema de extrusión.**

El sistema de extrusión debe cumplir con las siguientes características específicas:

1. Ser fácil de cargar sin riesgo para el operador.
2. Transportar la masa de producto al mismo tiempo que realiza un último amasado, a una velocidad adecuada.
3. Desarrollar la fuerza suficiente para que supere la resistencia al flujo de la masa, de modo que la masa adopte la forma de la boquilla y emerja de forma continua.
4. El material del mecanismo debe ser apto para el manejo de alimentos.

Con estas cuatro características planteadas para el diseño del mecanismo de extrusión, se determina los siguientes componentes de un sistema de extrusión.

- Transportador helicoidal (Tornillo sin fin).
- Camisa del transportador helicoidal.
- Tapas.
- Tornillo de sujeción.

### 2.3.1.1 Diseño del tornillo sinfin (transportador helicoidal)

El procedimiento de diseño de transportador helicoidal fue tomado de MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catalogo 1090 (Anexo D).

El primer paso es establecer los factores conocidos.

Capacidad: 6 Kg. (Definido en el capítulo del diseño del sistema de amasado)

Tiempo por ciclo: 10min

Capacidad de producción:

$$C_p = \frac{6Kg}{10 \text{ min}} = 36 \text{ kg/h}$$

Volumen de producto:

$$\delta = \frac{m}{V} \quad \delta = 1.1 \text{ Kg/dm}^3$$

$$V = \frac{m}{\delta} = 36 \frac{Kg}{h} * \frac{1}{1.1 \frac{Kg}{dm^3}}$$

$$V = 32.7 \frac{dm^3}{h} = 1.16 \frac{pie^3}{h}$$

El segundo paso es la clasificación de material. Se debe clasificar el material de acuerdo al sistema mostrado en el anexo D1, que le da una codificación específica en función a sus características. Si el material está incluido dentro de la lista del anexo D2, se utiliza la clasificación que se muestra ahí.

De esta manera se busca dentro de la lista de materiales los que tengan mayor relación con el presente producto para efectos de comparación, obteniendo los siguientes datos:

Material	Peso Lbs. por Pie cub.	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Series de componentes	Factor de Material $F_m$	Carga de Bandeja
Bagazo de caña	7 - 10	E-45RVXY	L-S-B	2	1.5	30A
Azúcar cruda	55 - 65	B6-35PX	S	1	1.5	30A

**Tabla 2.10 Características de materiales según catalogo MARTIN, SPROCKET & GEAR**

El tercer paso es determinar la capacidad de diseño, como se describe en el anexo D3, para lo cual se seleccionan los siguientes factores de capacidad:

**(CF<sub>1</sub>) FACTOR DE CAPACIDAD DE TRANSPORTADOR CON PASO ESPECIAL.**

Paso	Descripción	CF <sub>1</sub>
Medio	Paso = ½ diámetro de Helicoidal	2.00

**Tabla 2.11 Factor CF<sub>1</sub> seleccionado**


**(CF<sub>2</sub>) FACTOR DE CAPACIDAD DE TRANSPORTADOR CON PASO ESPECIAL.**

CF<sub>2</sub> = 1 Debido a que no existen modificaciones de movimiento.

**(CF<sub>3</sub>) CAPACIDAD DE TRANSPORTADOR ESPECIAL CON PALETAS MEZCLADORAS.**

CF<sub>3</sub> = 1 Debido que no existen paletas por paso.

El cuarto paso es determinar el diámetro y la velocidad, utilizando la capacidad requerida, la clasificación de material y el porcentaje de carga de la artesa (anexo D4).

Carga de Artesa		Diámetro de Helicoide Pulgada	Capacidad pies cúbicos por Hora (Paso total)		Máx. RPM
			A 1 RPM	A Máx. RPM	
30% A		4	0.41	53	130

**Tabla 2.12 Capacidad transportador helicoidal**

De acuerdo al diámetro seleccionado se determina que el paso es:  $P = 2''$

Utilizando el diámetro conocido del helicoidal en la tabla del anexo D11, se determina las dimensiones de eje y longitud del helicoide, obteniendo los siguientes resultados:

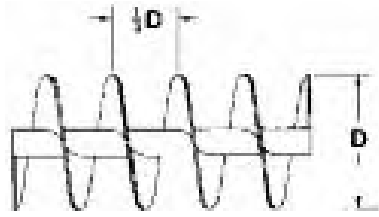
Diámetro de eje: 1"

Longitud estándar de transportador helicoidal: 9-10 ½"

Longitud estándar de carcasa: 10"

Dentro de la clasificación de helicoides básicos de transportadores y tipos de pasos (anexo D12) se define al helicoide como:

**Paso medio, helicoide sencillo**, es decir el paso es igual a ½ del diámetro del helicoide como lo indica el factor de capacidad  $CF_1$ , útil para aplicaciones inclinadas o verticales, para alimentadores de tornillo y para manejar materiales extremadamente líquidos (Figura 2.32).



**Figura 2.32 Esquema del paso de helicoides.**

De acuerdo a estas características y a las experiencias en las pruebas experimentales se comprobó que la posición vertical del helicoides presta mayores ventajas para la extrusión, en el caso presente en particular, debido a que por acción de la gravedad la masa de melcocha no se pega y facilita su corte en porciones.

Con el fin de mejorar las condiciones de trabajo del helicoides se ha visto conveniente aplicar las siguientes características especiales:

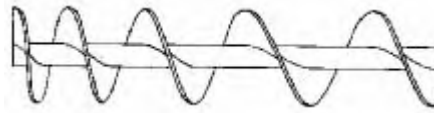
**Helicoidal de cono:** se usa para retirar uniformemente el material de un depósito o tolva. El paso constante reduce el acumulamiento. Requiere de menos HP de arranque (Figura 2.33), por esta condición se decidió que el helicoides sería cónico y se cambió el diámetro que inicialmente estaba determinado como de 1", ahora para lograr un cono con la pendiente adecuada sería de 1 1/2" al inicio y de 2 1/2" al final.



**Figura 2.33 Helicoidal de cono.**

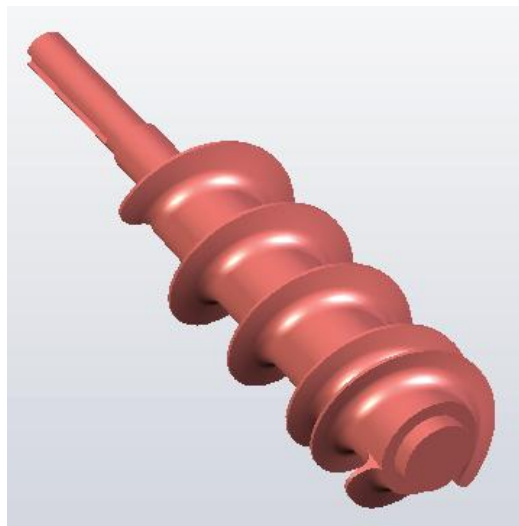
**Transportador helicoidal de paso escalonado:** consiste de helicoides sencillos subsiguientes o en grupos que se incrementan en paso y se utilizan como alimentadores de helicoidales para mover uniformemente los materiales a extruir (Figura 2.34), en el caso presente se optó por incrementar un paso intermedio en la última espira.





**Figura 2.34 Helicoidal de paso escalonado.**

Hasta este punto se cuenta con todas las dimensiones necesarias para la construcción del tornillo, para lo cual se ha determinado, que el material a construir sea AISI 304 apto para manejo de alimentos, el eje del helicoidal sea macizo maquinado para darle la conicidad y las espiras soldadas manteniendo constante el diámetro de 4" (exterior), el resultado final se muestra en la (figura 2.35).



**Figura 2.35 Transportador helicoidal (Tornillo sin fin).**

### **2.3.1.2 Velocidad del transportador**

Para transportadores helicoidales que tengan espirales de paso estándar, la velocidad del transportador puede ser calculada mediante la fórmula siguiente:

$$N = \frac{\text{Capacidad Requerida, pies cúbicos por hora}}{\text{pies cúbicos por hora a 1 revolución por minuto}} \quad \text{Ecuación 2.25}$$

$N =$  *Revoluciones por minuto del helicoidal (pero no mayor a la máxima velocidad recomendada).*

Para calcular la velocidad del transportador debe utilizarse la capacidad requerida equivalente, basada en los factores de capacidad (Anexo D3), la capacidad equivalente se encuentra multiplicando la capacidad requerida por los factores de capacidad.

$$\left( \begin{array}{l} \text{Capacidad Equivalente} \\ \text{pies cúbicos por hora} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \text{Capacidad Requerida} \\ \text{pies cúbicos por hora} \end{array} \right) \left( CF_1 \right) \left( CF_2 \right) \left( CF_3 \right) \quad \text{Ecuación 2.26}$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{Capacidad Equivalente} \\ \text{pies cúbicos por hora} \end{array} \right) = (0.16) (1) (1)$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{Capacidad Equivalente} \\ \text{pies cúbicos por hora} \end{array} \right) = 2.33$$

$$N = \frac{2.33 \text{ pie}^3/h}{0.41 \text{ pie}^3/h}$$

$$N = 5.68 \approx 6 \text{ rpm}$$

La velocidad calculada se la considera como no aplicable, debido a que presenta algunas desventajas, un reductor de baja revolución no se encuentra comúnmente en el mercado y por lo tanto su costo es muy elevado, otro factor determinante es la naturaleza del producto que es muy sensible ante la variación de la temperatura y necesita fluir con cierta rapidez.

Tomando en cuenta lo anterior se realizaron pruebas de campo y se determinó que la velocidad de giro ideal para el tornillo es de 30 rpm o 3.14 rad/seg, con el fin de tener continuidad en el proceso considerando que los brazos amasadores giran a 36 rpm.

### 2.3.1.3 Cálculo de la potencia del motor

La potencia requerida para operar un transportador helicoidal está basado en la instalación adecuada, en relación a la alimentación regular y uniforme al

transportador y a otros criterios de diseño, cabe recalcar que el cálculo de la potencia requerida está basado en el uso de tablas con datos sobre productos ya conocidos, para el caso del presente producto no existen datos, por lo tanto, se tomarán datos de productos semejantes al nuestro con el fin de explicar el procedimiento, mas no serán tomados como aplicables, los datos definitivos serán obtenidos de pruebas experimentales.

Los requisitos de HP son el total de los HP que supere la fricción del transportador ( $HP_f$ ) y los HP para transportar el material a una velocidad específica ( $HP_m$ ) multiplicado por el factor de sobrecarga  $F_o$  y dividido entre la eficiencia total de transmisión  $e$ , como se indica en las siguientes ecuaciones.

$$HP_f = \frac{LN F_d f_b}{1000.000} = \text{HP para manejar un transportador vacío} \quad \text{Ecuación 2.27} \quad 4$$

$$HP_m = \frac{CLW F_f F_m F_p}{1000.000} = \text{HP para mover el material} \quad \text{Ecuación 2.28}$$

$$\text{Total HP} = \frac{HP_f + HP_m F_o}{e} \quad \text{Ecuación 2.29}$$

Los siguientes factores determinan el requisito de HP de un transportador helicoidal operado bajo las condiciones anteriores.

L =	Largo total del transportador, pies. =	1 pie
N =	Velocidad de operación, RPM. =	30 rpm
F <sub>d</sub> =	Factor de diámetro de transportador. (Anexo D5) =	12
F <sub>b</sub> =	Factor de buje para colgante. (Anexo D6) =	2
C =	Capacidad en pies cúbicos por hora =	2.33 pie <sup>3</sup> /h

<sup>4</sup> Martin, Sprocket & Gear, Inc. Catálogo 1090, pág. H-24.

W =	Peso del material, libras por pie cúbico =	55 lb/pie <sup>3</sup>
F <sub>f</sub> =	Factor de helicoide. (Anexo D7) =	1
F <sub>m</sub> =	Factor de material. (Anexo D2) =	1.5
F <sub>p</sub> =	Factor de paleta, cuando se requiera. (Anexo D8) =	1
F <sub>o</sub> =	Factor de sobrecarga. (Anexo D9) =	3
e =	Eficiencia de transmisión. (Anexo D10) =	0.95

$$HP_f = \frac{1 * 30 * 12 * 2}{1'000.000} = 7.2 * 10^{-4} \text{ (HP para manejar un transportador vacio)}$$

$$HP_m = \frac{2.33 * 1 * 65 * 1 * 1.5 * 1}{1'000.000} = 2.27 * 10^{-4} \text{ (HP para mover el material)}$$

$$HP_f + HP_m = 7.2 * 10^{-4} + 2.27 * 10^{-4} = 9.47 * 10^{-4}$$

$$Total \text{ HP} = \frac{(7.2 * 10^{-4} + 2.27 * 10^{-4}) * 3}{0.95} = 3 * 10^{-3}$$

La potencia calculada es muy baja, esto es a causa de que el producto es atípico, es decir, no es un elemento conocido del cual haya datos ya establecidos y tabulados acerca de su comportamiento y composición, el procedimiento anteriormente descrito muestra de qué manera se puede realizar el cálculo de la potencia del motor del tornillo helicoidal y será muy útil para el caso de productos típicos como por ejemplo: aluminio, ceniza, jabón, lodos, etc., por lo tanto solo se van a tomar en cuenta los datos del dimensionamiento del tornillo, con lo cual se procedió a realizar la construcción, luego ya con el transportador helicoidal armado se realizo pruebas experimentales, como en el caso de los brazos amasadores se procedió a medir el torque necesario para transportar la melcocha, mediante la ayuda de un torquímetro, obteniendo como resultado un torque de 140 Nm, con el cual se precede a calcular la potencia del motor.

$$P = 135 Nm * 3.14 \frac{rad}{seg}$$

$$P = 424 W$$

La potencia mecánica requerida por el motor está en función de la eficiencia de transmisión:

$$P_M = \frac{P}{e}$$

$$P_M = \frac{424 W}{0.95}$$

$$P_M = 446 W$$

Potencia eléctrica del motorreductor, asignando el rendimiento del motor como  $\eta_M$  (Ecuación 2.17), equivalente al 60% de acuerdo al catalogo del fabricante, se tiene.

$$P_e = \frac{446 W}{0.60}$$

$$P_e = 743 W \approx 1 HP$$

#### 2.3.1.4 Selección del Motorreductor

Se seleccionó un Motoreductor Asíncrono de las siguientes características:

Marca:	VARVEL SRT 06056G525
Potencia:	0.75 Kw
Voltaje:	110/220 V
Amperaje:	12.5/5.6 A
Velocidad del motor:	1670 rpm.

Frecuencia: 60Hz

i: 56

Velocidad de salida: 31 rpm.

Rendimiento  $\eta_M$  : 60%

Información más detallada acerca de las características técnicas del motorreductor en el anexo C2.

### 2.3.1.5 Sentido de giro de los transportadores

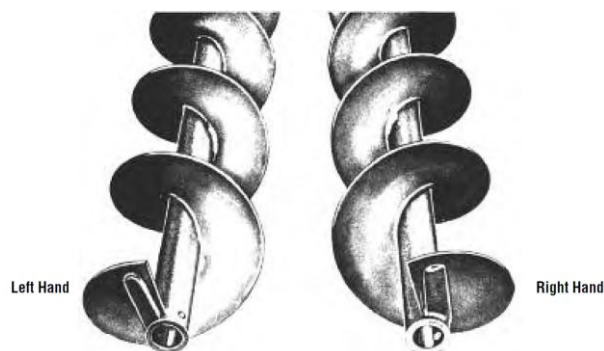


Figura 2.36 Sentido de giro de los transportadores derecho e izquierdo

### Helicoidales mano derecha e izquierda

Un transportador helicoidal es mano derecha o izquierda dependiendo de la forma de la hélice. El sentido del helicoidal se determina fácilmente mirando el extremo del helicoide.

La figura del helicoidal mostrada a la derecha tiene una hélice enrollada en el tubo en una dirección igual a la de las manecillas de un reloj, o a su derecha. Igual que como las cuerdas derechas de un tornillo. Esto se denomina como helicoidal mano derecha.

Un transportador helicoidal visto desde cualquier extremo mostrará la misma configuración. Si el extremo del transportador coloidal no se encuentra fácilmente visible, sólo imagínese que la espiral ha sido cortada, con el extremo cortado expuesto a usted podrá determinar el lado del helicoide fácilmente.



**Figura 2.37 Rotación de un transportador helicoidal**

La figura 2.37 es un simple método para determinar la rotación del helicoidal. Cuando el flujo de material se encuentre en la dirección opuesta al extremo visible, un helicoidal mano derecha se moverá en rotación contraria al reloj y un helicoidal mano izquierda se moverá en rotación igual que el reloj, tal y como se muestran las flechas.

### **2.3.1.6 Diseño de la Camisa del transportador helicoidal.**

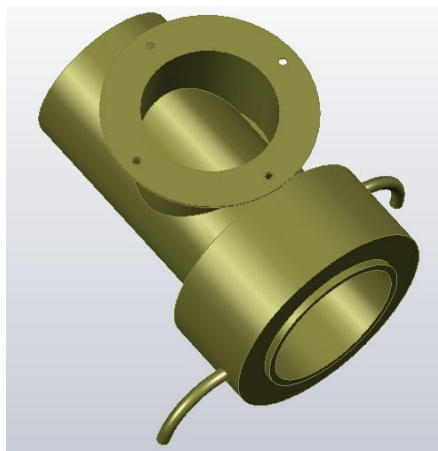
Para el diseño de la camisa del transportador se debe tomar en cuenta las condiciones bajo las cuales va a trabajar el sistema, que se describen a continuación:

- Debe tener buenas condiciones de resistencia a la fricción, corrosión y abrasión, para esto se define como material de construcción al acero inoxidable AISI 304 por sus condiciones de resistencia y apta para manejo de alimentos, por efectos de desgaste y debido a la tensión de los tirantes el espesor adoptado es de 6 mm, además que no es un recipiente a presión interna.
- Su forma debe ser completamente cilíndrica para mantener su paralelismo con respecto a los filetes del tornillo.

- El juego entre camisa y tornillo debe ser menor o igual a 1 milímetro, esto a causa de que se debe evitar que el producto se regrese ya que esto implica una pérdida de presión.
- La tolva de entrada del producto debe estar ubicada después del primer filete del helicoide con la finalidad que el producto no entre en contacto con la tapa posterior.
- Los bordes al inicio y final de la camisa deben estar provistos de una ceja donde se alojarán las tapas del helicoide.

Una consideración especial es la temperatura que genera la fricción del producto sobre las paredes de la camisa, lo cual provoca cambios significativos en la constitución de la masa de melcocha ya que es muy sensible ante las variaciones de temperatura, esta pierde su consistencia, para lo cual se decidió colocar una camisa de enfriamiento en la última parte del proceso de extrusión a través de la cual circula agua fría absorbiendo el calor generado por la fricción manteniendo la consistencia de la melcocha para su respectivo corte.

Tomando en cuenta todas estas condiciones se determinó que la camisa del helicoide tendría la forma que se muestra en la figura 2.36.



**Figura 2.38 Camisa de tornillo sin fin.**



### 2.3.1.7 Diseño de las Tapas

Las tapas cumplen una función fundamental junto con la camisa que es la de hermetizar el extrusor manteniendo todas las partes con una correcta posición y ajuste, otra de sus funciones es la de asegurar el sistema de extrusión a la estructura de la máquina mediante las bases perforadas donde se colocaran tornillos de  $\frac{1}{2}$ ", el material seleccionado para su construcción es acero inoxidable AISI 304, debido a que éstas están en contacto con el producto y sometidas a la presión que genera el tornillo sobre las paredes, estas tapas están unidos por medio de pasadores roscados de  $\frac{1}{2}$ " los cuales le dan el ajuste entre las tapas y la camisa, este ajuste está limitado por unos tubos topes los cuales indican hasta donde deben ser ajustados.

Las medidas principales de las tapas fueron definidas en función al espacio disponible y al diámetro de la camisa del tornillo, estas medidas son de 185 mm de largo con un ancho de 160 mm como se muestra en la figura 39, aquí se tiene una consideración importante que es el cálculo del espesor de la placa para las tapas.

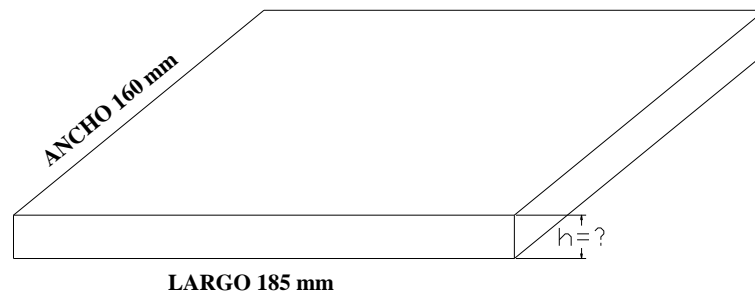


Figura 2.39 Medidas de la tapa

#### Calculo del espesor de la tapa

Para el cálculo del espesor de las tapas se considera la que está sometida a mayor esfuerzo, es decir, la tapa inferior, para lo cual se va a determinar los esfuerzos a los que está sometida.

Se calcula el torque en Nm que ejerce el tornillo helicoidal sobre el producto y por consiguiente sobre la tapa en función a la potencia del motor y su velocidad de giro, mediante la ecuación 2.15.

$$P = 750 \text{ W}$$

$$\omega = 3.25 \text{ rad/seg.}$$

Entonces,

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{750 \text{ W}}{3.25 \text{ rad/seg}}$$

$$T = 231 \text{ Nm}$$

Con este dato se determina el valor de la fuerza en N, en función del radio de giro del tornillo helicoidal que es de 51 mm.

$$F = \frac{T}{r}$$

$$F = \frac{231 \text{ Nm}}{0.051 \text{ m}}$$

$$F = 4529.4 \text{ N}$$

A continuación se realiza el diagrama de cuerpo libre para definir las fuerzas y reacciones a las que está sometida la tapa, y éstas son:

F = Fuerza de diseño de funcionamiento.

$W_T$  = Peso total, suma del peso de la placa + el peso del producto.

$$W_T = W_M + W_P$$

$R_A$  = Reacción en el punto A.

$R_B$  = Reacción en el punto D.

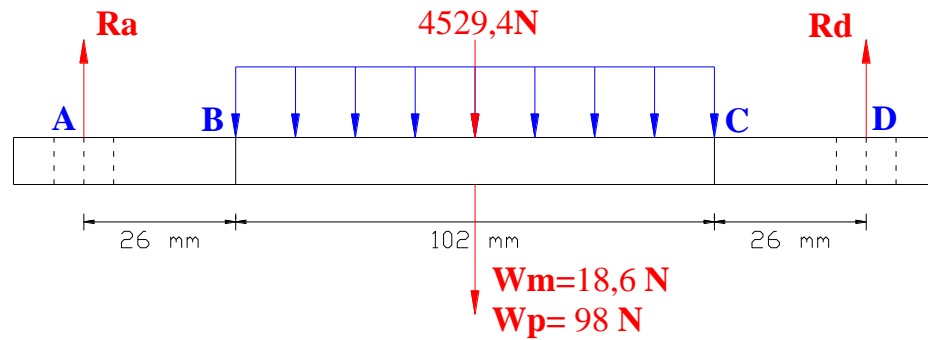


Figura 2.40 Diagrama de cuerpo libre de tapa inferior

Fuerzas que intervienen en el diagrama de cuerpo libre.

$$F = 4529.4\text{ N}$$

$$W_M = 18.6\text{ N}$$

$$W_P = 98\text{ N}$$

$$W_T = 116.6\text{ N}$$

Para graficar el diagrama de fuerzas cortantes se debe conocer el valor de las reacciones  $R_A$  y  $R_D$ , para lo cual se aplica la sumatoria de fuerzas en el eje Y.

$$\uparrow + \sum F_Y = 0$$

$$R_A + R_D = F + W_T$$

$$R_A + R_D = 4646\text{ N}$$

$$R_A = R_D = 2323\text{ N}$$

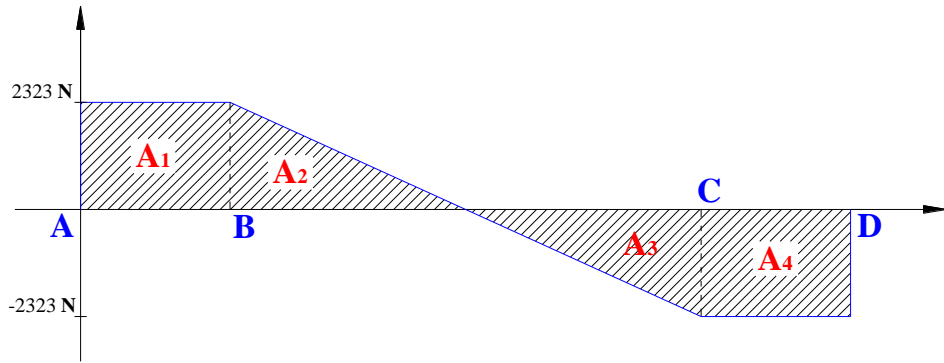


Figura 2.41 Diagrama de fuerzas cortantes.

Para graficar el diagrama de momentos flectores (figura 2.42), se aplica el método de las áreas, para lo cual se debe conocer el valor de las áreas formadas en el diagrama de fuerzas cortantes.

$$A_1 = -A_4 = 2323 \text{ N} * 0.026 \text{ m} = 60.4 \text{ Nm}$$

$$A_2 = -A_3 = \frac{2323 \text{ N} * 0.051 \text{ m}}{2} = 59.2 \text{ Nm}$$

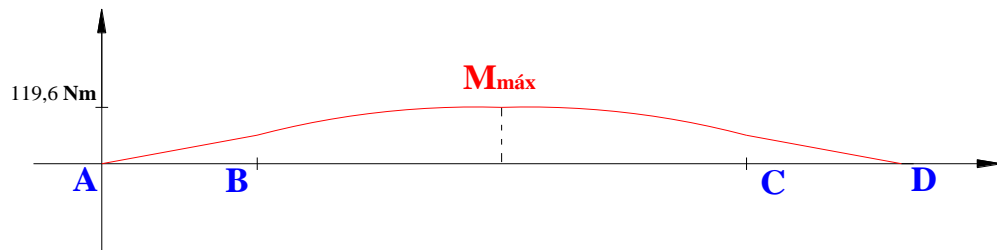


Figura 2.42 Diagrama de momentos flectores.

Una vez dibujado el diagrama de momentos flectores, se determina el momento máximo.

$$M_{máx} = 119.6 \text{ N.m}$$

Para el acero inoxidable AISI 304 se determina en tablas que el valor de la resistencia a la fluencia del material es:

$$S_y = 276MPa = 276M N/m^2$$

A continuación se determina el factor de diseño o factor de seguridad, éste permite dar la seguridad adecuada para el funcionamiento correcto de la pieza en la máquina, este factor debe ser seleccionado por el diseñador, para lo cual se definió un factor de seguridad de tres.

$$n = 3$$

### **Cálculo del esfuerzo de diseño $\sigma_d$**

El esfuerzo de diseño es aquel que está en función de la resistencia a la fluencia y el factor de diseño o de seguridad, para los cálculos el esfuerzo de diseño es el siguiente:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación 2.30}$$
$$\sigma_d = \frac{276MN/m^2}{3}$$
$$\sigma_d = 92MN/m^2$$

### **Cálculo del módulo de sección S**

En los casos en que se tiene que determinar las dimensiones de una sección, se aplica la ecuación del módulo de sección, que está en función del momento máximo  $M_{m\acute{a}x}$  y el esfuerzo de diseño  $\sigma_d$  que en este caso el esfuerzo es de flexión.

$$S = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_d} \quad \text{Ecuación 2.31}$$
$$S = \frac{119.6Nm}{92MN/m^2}$$
$$S = 1.3 * 10^{-6} m^3$$

### **Cálculo del espesor (h) de la placa**

Una vez encontrado el módulo de sección S, se determina el espesor h de la placa mediante la ecuación 2.32<sup>5</sup>, que está en función del momento de inercia de una sección rectangular y la distancia y, que es la distancia del eje neutro al extremo de la placa:

$$S = \frac{I}{y} = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad \text{Ecuación 2.32}$$

Entonces despejando h se tiene:

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot S}{b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot (1.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3)}{0,16 \text{ m}}}$$

$$h = 6.98 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 6.98 \text{ mm} \quad \text{requerido}$$

### **Selección del espesor (h) de la placa**

Una vez calculado el espesor h de la placa, se selecciona un valor de espesor comercial más alto que se aproxime al valor calculado.

$$h = 8 \text{ mm}$$

El sistema de extrusión tiene dos tapas una superior y otra inferior, el espesor calculado se aplicará para las dos tapas, cuyas características se van a analizar independientemente.

---

<sup>5</sup> Fuente: Resistencia de materiales aplicada, Robert L. Mott, 3 ra Edición, pág. 583

### 2.3.1.7.1 Tapa superior

Esta tapa tiene un solo cuerpo, y su característica relevante es que recibe una fuerza de reacción provocada por la presión que ejerce el tornillo al empujar la masa de melcocha, debido a esto se decidió colocar un juego de dos rodamientos alojados en la manzana que esta soldada a la tapa, el primero es un rodamiento axial de bolas de una sola dirección 51106 NTN (Anexo F1), el cual se encarga de recibir la carga axial generada por la reacción del tornillo, y a continuación se coloca un rodamiento rígido de bolas 6906 NTN (Anexo F2), el cual se encarga de mantener la alineación del tornillo helicoidal y finalmente entre ellos se coloca un separador, la figura 2.43 muestra el diseño final de la tapa posterior.

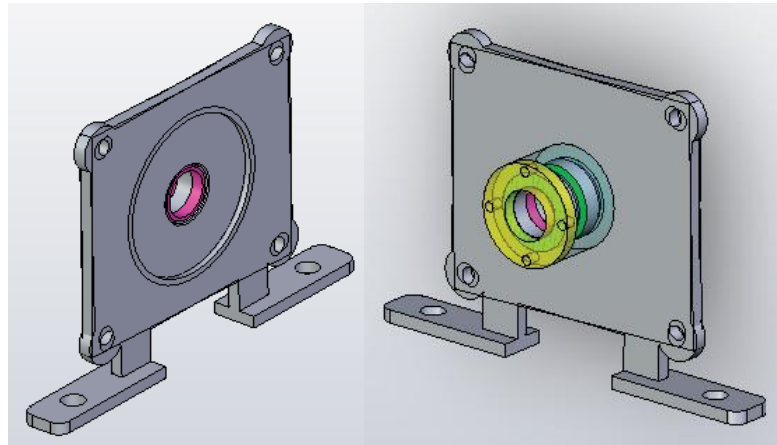
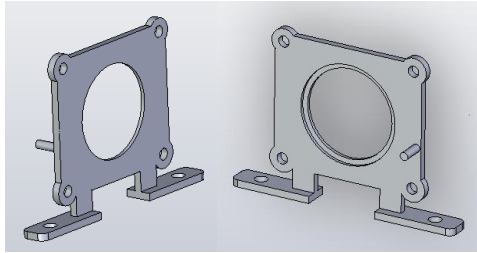


Figura 2.43 Tapa superior.

### 2.3.1.7.2 Tapa inferior

Esta tapa está dividida en dos partes, la primera es la base donde están los agujeros para los pasadores roscados y las bases perforadas, en esta pieza se tiene una perforación donde por un lado se acopla la ceja de la camisa y por el otro lado se acopla la tapa porta boquillas (Figura 2.44).

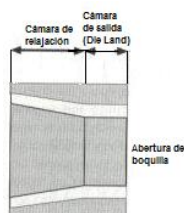


**Figura 2.44 Tapa frontal base.**

La segunda parte es una tapa donde están las boquillas de salida del producto.

### **Boquilla**

La boquilla de extrusión es el componente encargado de la conformación final del extruido. Se debe velar por que el producto fluya, con volumen uniforme, alrededor de toda la circunferencia de la boquilla, de manera que esta logre espesores uniformes. Los diseños actuales de boquillas presentan dos secciones claramente definidas (figura 2.45). La primera de estas secciones es conocida como: cámara de relajación; mientras que la segunda puede ser llamada cámara de salida (Die land). La cámara de relajación de la boquilla tiene como propósito producir la desaceleración del material e incrementar el tiempo de residencia en la boquilla de manera tal que el polímero relaje los esfuerzos impartidos por el paso a través del tornillo helicoidal. La cámara de descarga (Die land) produce el formado del producto deseado con las dimensiones requeridas<sup>6</sup>.



**Figura 2.45 Sección de una boquilla circular de extrusión.**

<sup>6</sup> Fuente: <http://www.venezuelaenplastico.com.ve/extrusion1.htm>



Los parámetros básicos para la especificación de una boquilla son: el diámetro y la abertura de la salida, una consideración especial es que para la tapa porta boquillas es necesario aumentar el espesor de la placa a 11 mm., con el fin de hacer las perforaciones para las boquillas, entonces la altura de las cámaras de relajación y de salida serán de 7 mm y 4 mm respectivamente, los diámetros de la boquilla se definirán en función al espacio disponible, la forma y tamaño del producto a extruir, bajo estas condiciones, se tiene que la melcocha comercialmente tiene un diámetro de 10 mm., por lo tanto, para determinar el diámetro de la cámara de relajación será 2 veces el diámetro de la abertura de la boquilla es decir 20 mm., y se reduce a 10 mm., formando una conicidad con un ángulo de 54° de inclinación, como se muestra en la figura 2.46.

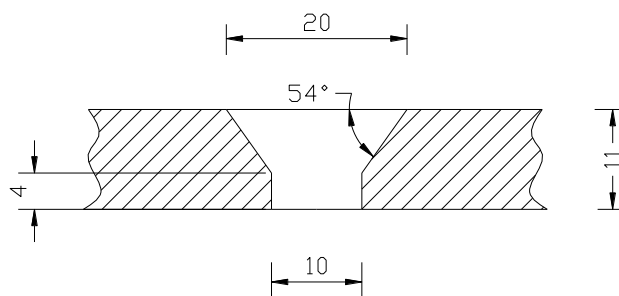
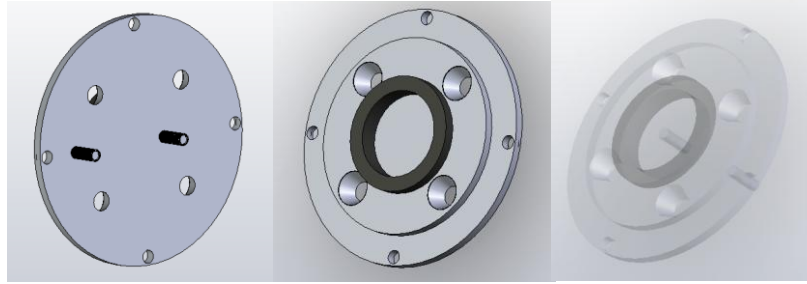


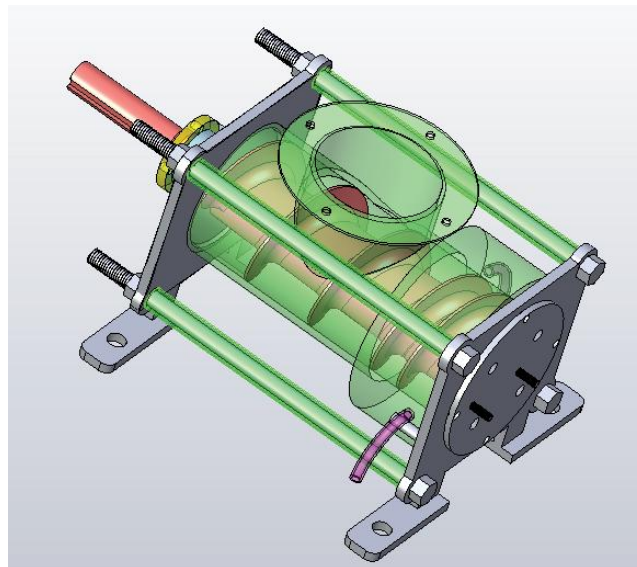
Figura 2.46 Dimensiones de la boquilla.

De acuerdo a pruebas experimentales se decidió hacer cuatro boquillas con el fin de aliviar la presión generada por el tornillo, inicialmente se probó con una sola salida pero el resultado fue que el producto se comprimía y al salir de la boquilla sufría una expansión que la deformaba, sobre esta tapa se desliza la cuchilla del sistema de corte la cual está especialmente dispuesta para cubrir las cuatro boquillas de salida del producto y es en esta tapa donde se colocarán dos guías para definir el recorrido de la cuchilla por lo cual la posición de ésta debe ser fija, es decir, no se puede rotar la tapa porque ya no se podría montar el resto de elementos, esta tapa se encuentra asegurada por cuatro tornillos equidistantemente dispuestos de  $\frac{1}{4}$ " x  $\frac{1}{2}$ ".



**Figura 2.47 Tapa porta boquillas.**

Una vez determinadas todas las piezas constitutivas del sistema de extrusión se presenta su ensamblaje, Figura 2.48.



**Figura 2.48 Sistema de extrusión.**

### **2.3.2 Diseño del mecanismo de corte en porciones**

Para el diseño del mecanismo que realice el corte en porciones se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

1. Las características del producto extruido.
2. El sistema de enfriamiento externo.

3. El recorrido necesario de la cuchilla para que realice un corte efectivo.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto se ha diseñado un mecanismo del tipo leva-seguidor que está compuesto por los siguientes elementos.

- Volante (leva)
- Eje seguidor
- Resorte
- Soporte guía
- Cuchilla

El mecanismo de corte planteado tendrá la siguiente secuencia de funcionamiento:

Un motorreductor impulsará el volante el cual da movimiento al eje seguidor comprimiendo el resorte que está directamente acoplado a la cuchilla, de acuerdo a la disposición de la cuchilla ésta debe desplazarse una distancia de 30mm para cumplir con la cizalladura del producto, e inmediatamente regresa a la posición original mediante la expansión del resorte.

En base a esto se determina que la fuerza necesaria para comprimir el resorte la cual se tomará como referencia para calcular el torque necesario para mover el mecanismo.

#### **2.3.2.1 Resorte**

En este caso el resorte a utilizar en este diseño es uno que se va a trabajar tanto en tensión como en compresión, el cual debe soportar 137 N de fuerza y ayudará al retorno rápido de la cuchilla a su posición inicial, el mismo que trabajará entre el soporte guía y en eje seguidor.

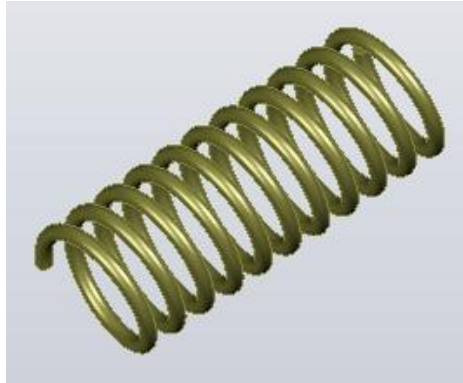


Figura 2.49 Resorte.

### 2.3.2.1.1 Cálculo de la Constante del Resorte

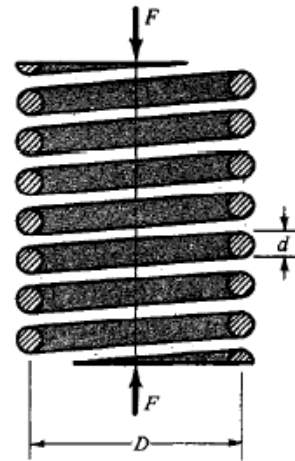
Datos del resorte:

$$L = 73 \text{ mm}$$

$$d = 4 \text{ mm}$$

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

$$N_t = 11 \text{ (número total de espiras)}$$



Índice de resorte

$$C = \frac{D}{d}$$

Ecuación 2.33

$$C = \frac{25}{4} = 6.25$$

Factor de corrección de esfuerzo cortante

$$K_s = \frac{2C+1}{2C} \quad \text{Ecuación 2.34}$$

$$K_s = \frac{2(6.25)+1}{2(6.25)} = 1,08$$

La constante o módulo de rigidez del resorte es  $k$

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a} \quad \text{Ecuación 2.35}$$

En la tabla 2.13 se muestra las fórmula con la que se va a trabajar para el cálculo del número de espiras libres teniendo en cuenta el tipo de extremos de resorte y el número de espira totales, que para el caso presente el resorte es a escuadra y aplanado. Entonces;

TÉRMINO	TIPOS DE EXTREMOS DE RESORTES			
	SIMPLE	SIMPLE Y APLANADO	A ESCUADRA	A ESCUADRA Y APLANADO
Espiras de extremo, $N_e$	0	1	2	2
Espiras totales, $N_t$	$N_a$	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 2$
Longitud libre, $L_0$	$pN_a + d$	$p(N_a + 1)$	$pN_a + 3d$	$pN_a + 2d$
Longitud cerrada, $L_s$	$d(N_t + 1)$	$dN_t$	$d(N_t + 1)$	$dN_t$
Paso $p$	$(L_0 - d)/N_a$	$L_0/(N_a + 1)$	$(L_0 - 3d)/N_a$	$(L_0 - 2d)/N_a$

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, J Shigley y C. Mischke, 5<sup>ta</sup> Edición, pág. 475

Tabla 2.13 Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión ( $N_a$  = número de espiras activas)

$$N_t = N_a + 2 \quad \text{despejando } N_a, \quad \text{Ecuación 2.36}$$

$$N_a = N_t - 2 = 11 - 2$$

$$N_a = 9$$

$$L_s = dN_t$$

Ecuación 2.37

$$L_s = 4mm \times 11 = 44mm$$

El material que se utilizará para la construcción del resorte es un acero común con un módulo de rigidez  $G = 79,3$  GPa (Anexo H1). Entonces, se reemplaza valores en la ecuación 2.35.

$$k = \frac{4 \times 10^{-3} m^3 \cdot 9,3 \times 10^9 N/m^2}{8 \cdot 5 \times 10^{-3} m^3,9}$$

$$k = 18045,16 N/m$$

### 2.3.2.2 Determinación del Torque necesario.

Mediante la constante del resorte se va a calcular la fuerza necesaria para comprimirlo una longitud de 30 mm.

$$F = K \cdot X$$

$$F = 18045,16 N/m \cdot 0,03m$$

$$F = 541,35 N$$

Al existir rozamiento por deslizamiento entre los materiales acero sobre acero se tiene un coeficiente  $\mu_k = 0,18$  tal como se indica en la tabla 2.14, con la cual se calcula la fuerza de rozamiento y sumada la fuerza requerida del resorte se obtiene la fuerza total con la cual se procede a calcular el torque necesario para poder obtener la potencia del motor.

Superficies en contacto	$\mu_k$
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo (patines)	0.02-0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4-0.6
Correa de cuero (seca) sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2
Bronce sobre acero	0.18
Roble sobre roble en la dirección de la fibra	0.48

Fuente: Koshkin N. I., Shirkévich M. G.. *Manual de Física Elemental*. Editorial Mir 1975.<sup>7</sup>

Tabla 2.14 Coeficientes de rozamiento por deslizamiento para diferentes materiales

$$Fr = \mu_k * F$$

$$Fr = 0.18 * 541,35N$$

$$Fr = 97,44N$$

$$Ft = F + Fr$$

$$Ft = 541,35N + 97,44N$$

$$Ft = 638,79N$$

$$T = Ft * d; d = \text{distancia}$$

$$T = 638,79 * 0,067m$$

<sup>7</sup> <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/rozamiento/general/rozamiento.htm>

$T = 42,8\text{Nm}$  "Calculado"

Utilizando el método experimental como en los casos anteriores, se obtuvo por medio un torquímetro el mecanismo necesita un torque de 45 Nm para su operación, otro dato necesario para el cálculo de la potencia es el número de revoluciones que es de 27 rpm o 2.82 rad/seg.

### 2.3.2.3 Potencia necesaria

Para el cálculo de la potencia se tomó como dato el valor del torque medido que es de 45Nm ya que es mayor que el torque calculado.

El cálculo de la potencia viene dado por la ecuación 2.15, que sirve para transformar la potencia mecánica en potencia eléctrica como en los casos anteriores.

$$P = 45\text{Nm} * 2.82 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P = 126.9\text{W}$$

La potencia requerida se calcula en función del factor de eficiencia del acoplamiento que es de 0.8:

$$P_M = \frac{126.9\text{W}}{0.80}$$

$$P_M = 158.63\text{ W}$$

Y finalmente se calcula la potencia eléctrica del motorreductor, asignando el rendimiento del motor como  $\eta_M$  equivalente al 75%, entonces:

$$P_e = \frac{158.63}{0.75}$$

$$P_e = 211.5\text{W} \approx 0.5\text{HP}$$



#### **2.3.2.4 Selección del Motorreductor**

En función a la potencia y la velocidad requerida, Se seleccionó un Motoreductor Asíncrono de las siguientes características:

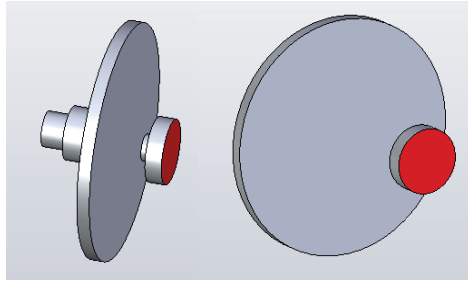
Marca:	ROSSI MR V 325 – 71B 4 B14
Potencia:	0.37 Kw
Voltaje:	110/220 V
Amperaje:	6.3/4.2 A.
Velocidad motor:	1600 rpm.
Frecuencia:	60Hz
i:	58
Velocidad de salida:	27.5 rpm.

Información más detallada acerca de las características técnicas del motorreductor en el Anexo C3.

#### **2.3.2.5 Diseño del Volante**

El volante cumple la función de empujar la cuchilla mediante un eje seguidor y soporte guía para poder realizar el corte respectivo del producto.

En el diseño del volante se tomó como referencia el torque del motorreductor seleccionado, el cual se va a considerar como el momento máximo al que está sometido el elemento, su forma y dimensión están diseñados en función al recorrido de la cuchilla (30 mm) para realizar un corte y retorno a su punto de inicio con un diámetro de 165 mm tal como se muestra en la figura 2.50.



**Figura 2.50 Volante.**

Para el cálculo del espesor del volante se toma en cuenta la potencia del motor y la velocidad del mismo para obtener la fuerza que va a recibir éste elemento mediante la ecuación 2.15 y que despejando  $T$  se obtiene:

$$T = \frac{P}{\omega}$$
$$T = \frac{373 \text{ Nm/s}}{2,82 \text{ rad/s}}$$
$$T = 132,27 \text{ Nm}$$

Como el volante esta directamente acoplado al motorreductor se va a definir el torque calculado como el momento máximo al que está sometido el elemento.

Entonces,

$$M_{\text{máx}} = 132.27 \text{ Nm}$$

Para el acero inoxidable AISI 304 se determina en tabla del anexo G1 que el valor de la resistencia a la fluencia del material es:

$$S_y = 276 \text{ MPa} = 276 \text{ M N/m}^2$$

A continuación se va a determinar el factor de diseño o factor de seguridad.

$$n = 3$$

### Cálculo del esfuerzo de diseño $\sigma_d$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n}$$
$$\sigma_d = \frac{276 \text{ MN/m}^2}{3}$$
$$\sigma_d = 92 \text{ MN/m}^2$$

### Cálculo del módulo de sección $S$

$$S = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_d}$$
$$S = \frac{132.27 \text{ Nm}}{92 \text{ MN/m}^2}$$
$$S = 1.44 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

### Cálculo del espesor (h) de la placa

$$h = \sqrt{\frac{6 * S}{b}}$$

b = base de la sección transversal = diámetro del volante = 165 mm.

$$h = \sqrt{\frac{6 * (1.44 * 10^{-6} \text{ m}^3)}{0,165 \text{ m}}}$$

$$h = 7.24 * 10^{-3} \text{ m} = 7.24 \text{ mm} \quad \text{requerido}$$

### Selección del espesor (h) del volante

Una vez calculado el espesor h del volante, se selecciona un valor de espesor comercial más alto que se aproxime al valor calculado.

$$h = 8 \text{ mm}$$

Las dimensiones del volante son:

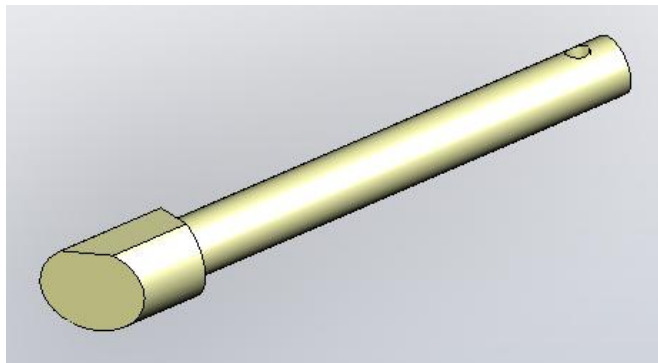
- Diámetro del eje: 25 mm.
- Longitud del eje: 140 mm.
- Diámetro del volante: 165 mm.
- Espesor del volante: 8 mm

Por razones de diseño no es óptimo la utilización de un tope fijo ya que el mismo esta sometido a impacto y no lo disipa. Por tal motivo se ha escogido un rodamiento el cual se convierte en un tope móvil, el mismo que disipa la fuerza del impacto al cual está sometido.

#### **2.3.2.6 Diseño del Eje Seguidor**

El eje seguidor cumple con la función de guiar el movimiento para que la cuchilla realice el corte necesario del producto.

El diseño de este elemento se lo realizó en base a pruebas experimentales teniendo como resultado su forma y dimensión tal como se puede observar en la figura 2.51.



**Figura 2.51 Eje seguidor.**

El material seleccionado para la construcción de este elemento es el acero AISI 304 ya que el mismo trabaja en conjunto con la cuchilla y por ende puede tener contacto con el producto.

### 2.3.2.6.1 Cálculo del Eje Seguidor

Para el cálculo del eje seguidor se toma como dato el torque calculado a partir de la potencia del motor, aplicando la ecuación  $T = F \cdot d$  se obtendrá la fuerza que ejerce el volante sobre el eje seguidor.

Entonces,

$$T = F \times d$$

$$F = \frac{T}{d} = \frac{132,27 \text{ Nm}}{0,67 \text{ m}}$$

$$F = 197,42 \text{ N}$$

### Diagrama de cuerpo libre

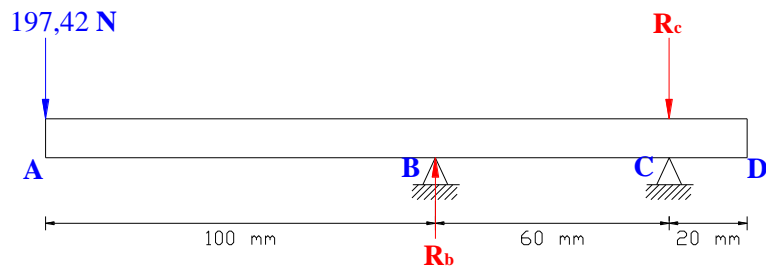


Figura 2.52 Diagrama de cuerpo libre del eje seguidor

$$\sum M_b = 0$$

$$197,42 \text{ N}(0,1 \text{ m}) - R_c(0,06 \text{ m}) = 0$$

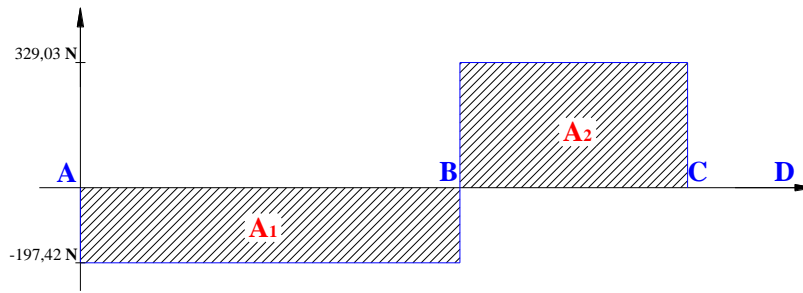
$$R_c = 329,03 \text{ N}$$

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

$$R_b = 197,42 \text{ N} + R_c$$

$$R_b = 197,42 \text{ N} + 329,03 \text{ N}$$

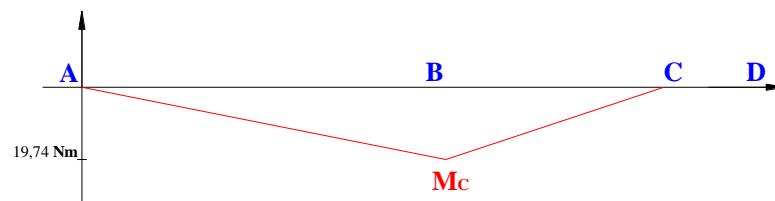
$$R_b = 526,45 \text{ N}$$



**Figura 2.53 Diagrama de fuerza cortante**

$$A_1 = 0,1m \times 197,42N = 19,74Nm$$

$$A_2 = 0,06m \times 329,03N = 19,74Nm$$



**Figura 2.54 Diagrama de momento flector**

Entonces,

$$M_c = 19,74 Nm$$

Aplicando en la ecuación 2.2 el valor de  $M_c$  se calcula el diámetro en condiciones estáticas, asumiendo un  $n=2$  y sabiendo que  $T=0$  porque no hay torsión. Se tiene:

$$d = \left[ \frac{32\eta}{\pi S_y} \left( M^2 + T^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d = \left[ \frac{32\eta M}{\pi S_y} \right]^{1/3}$$

$$d = \left[ \frac{32 * 2 * 19,74 \text{ Nm}}{\pi * 276 \text{ MPa}} \right]^{1/3}$$

$$d = 0.01134 \text{ m}$$

$$d = 11.34 \text{ mm}$$

Para el cálculo del diámetro en condiciones de fatiga se utiliza la ecuación 2.3, en el cual no se tiene torsión y se asume nuevamente un  $n = 2$ .

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[ \left( \frac{M_a}{S_e} \right)^2 + \left( \frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = \left( \frac{32nM_a}{\pi S_e} \right)^{1/3}$$

Mediante la ecuación 2.4 se va a calcular  $S_e$ , aplicando los valores resultantes de cada uno de los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e$$

Factor de superficie

Al seleccionar los valores de a y b en la tabla 2.2 en función del acabado superficial aplicado, se calcula  $K_a$  mediante la ecuación 2.5.

Acero maquinado en frío

$$K_a = a * S_{ut}^b$$

$$K_a = 4.51 \text{ MPa} * (68 \text{ MPa})^{-0.265}$$

$$K_a = 0.84$$

Factor de tamaño

Este factor esta dado por la ecuación 2.6, del cual se tiene lo siguiente:

$$K_b = \left( \frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133}$$

$$K_b = \left( \frac{12.7}{7.62} \right)^{-0.1133}$$

$$K_b = 0.944$$

Factor de carga

Aplicando la ecuación 2.7 mediante torsión y cortante, se obtubo:

$$K_c = 0.577$$

Factor de temperatura

El factor de temperatura se obtiene en función de la temperatura del ambiente de trabajo como se muestra en la tabla 2.3, del cual se tiene:

$$K_d = 1$$

Factor de efectos diversos

Mediante esfuerzos residuales o remanentes se obtiene:

$$K_e = 0.8$$

Finalmente se obtiene  $S'_e$  mediante la ecuación 2.10.

$$S'_e = 0.504 S_{ut}$$

$$S'_e = 0.504 * 568 MPa$$

$$S'_e = 286.272 MPa$$



Por lo tanto,

$$S_e = 0.84 * 0.944 * 0.577 * 1 * 0.8 * 286.272 \text{ MPa}$$

$$S_e = 104,78 \text{ MPa}$$

Entonces el diámetro a fatiga es:

$$d = \left\{ \frac{32 * 2 * 19,74 \text{ Nm}}{\pi * 104,78 \text{ MPa}} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0,01567 \text{ m}$$

$$d = 15,67 \text{ mm} \approx 15,875 \text{ mm} = \frac{5}{8}'' \text{ (estándar comercial)}$$

$$\sigma_x = \frac{M * r}{I_x}, \quad I_x = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$\sigma_x = \frac{19,74 \text{ Nm} * 7,9375 * 10^{-3} \text{ m}}{\frac{\pi}{64} * (5,875 * 10^{-3} \text{ m})^4}$$

$$\sigma_x = 50,26 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = 0,$$

Mediante la ecuación 2.11, se obtiene:

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \frac{\sigma_x}{2}$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_x = 50,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\min} = 0$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma' = \sigma_x = 50,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma' \leq S_y$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{276 \text{ MPa}}{50,26 \text{ MPa}} = 5,49$$

Factor de seguridad  $n = 5$

Tomando como referencia el diámetro a fatiga encontrado, se tiene que determinar el nuevo valor de  $S_e$ . Siguiendo el procedimiento anteriormente descrito y manteniendo los mismos valores de los factores  $K_a, K_c, K_d, K_e, S_e'$  y cambiando el factor  $K_b$ , en función al diámetro a fatiga se obtiene lo siguiente:

$$K_b = 0.92$$

Aplicando la ecuación 2.4, ahora  $S_e = 102.12 \text{ MPa}$

Con estos resultados se calcula el nuevo valor de  $d$  con  $n = 5$ , mediante la ecuación 2.3

$$d = \left\{ \frac{32 * 5 * 19,74 \text{ Nm}}{\pi * 102,12 \text{ MPa}} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0,02143 \text{ m}$$

$$d = 21,43 \text{ mm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}}{2} = \frac{50,26 \text{ MPa} + 0}{2} = 25,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{\text{mín}}}{2} = \frac{50,26 \text{ MPa} - 0}{2} = 25,13 \text{ MPa}$$

Criterio de Goodman

Esfuerzo seguro

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_u} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{25,13 \text{ MPa}}{102,12 \text{ MPa}} + \frac{25,13 \text{ MPa}}{568 \text{ MPa}} = \frac{1}{\eta}$$

$$n = 3.44 \Rightarrow n = 3 \text{ factor de seguridad corregido}$$

Entonces el diámetro será:

$$d = 0,01808 \text{ m}$$

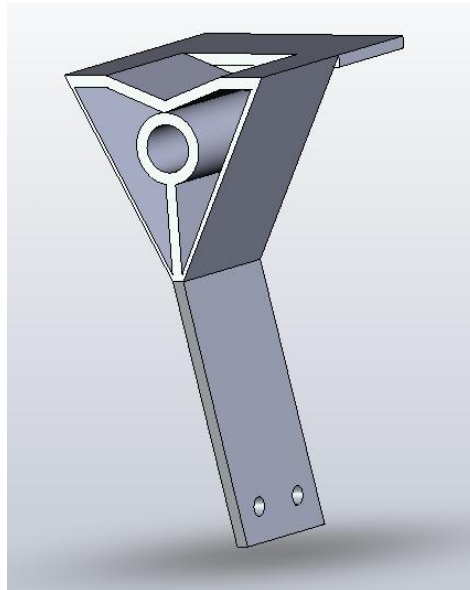
$$d = 18,08 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm} \quad \text{OK!!!}$$

### 2.3.2.7 Diseño del Soporte Guía

Este elemento está diseñado para que soporte el impacto que recibe el eje seguidor y cumple la función del guiar a dicho eje el cual empuja a la cuchilla, obteniendo de esta manera un movimiento lineal con la seguridad de que no exista atascamiento.

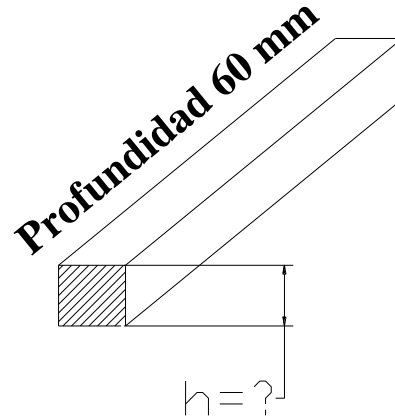
En la figura 2.55 se observa la forma del soporte guía la cual se obtuvo mediante la experimentación.

De igual manera, por razones de higiene la selección del material que se empleará para su construcción es el acero AISI 304.



**Figura 2.55 Soporte guía.**

Se necesita calcular el espesor de la pared del bocín del soporte guía para lo cual se parte de la sección transversal tomada a lo largo del mismo (Figura 2.56).



**Figura 2.56 Sección transversal del bocín de soporte guía**

Sobre el soporte guía actúan las reacciones  $R_b$  y  $R_c$  generadas por el eje seguidor como se muestra en la figura 2.52, al realizar el diagrama de momento flector, (Figura 2.54), se obtiene que el momento crítico actúa sobre el punto B que es la entrada al bocín, por lo tanto, se determina que se tiene el mismo momento máximo en el bocín.

Entonces,

$$M_{m\acute{a}x} = 19.74 Nm$$

Para el acero inoxidable AISI 304 se determina en tabla del anexo G1 que el valor de la resistencia a la fluencia del material es:

$$S_y = 276 MPa = 276 M N/m^2$$

A continuación se va a determinar el factor de diseño o factor de seguridad.

$$n = 3$$

### **Cálculo del esfuerzo de diseño $\sigma_d$**

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n}$$
$$\sigma_d = \frac{276 \text{ MN/m}^2}{3}$$
$$\sigma_d = 92 \text{ MN/m}^2$$

### **Cálculo del módulo de sección $S$**

$$S = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_d}$$
$$S = \frac{19.74 \text{ Nm}}{92 \text{ MN/m}^2}$$
$$S = 2.15 * 10^{-7} \text{ m}^3$$

### **Cálculo del espesor (h) de la placa**

$$h = \sqrt{\frac{6 * S}{b}}$$

b = base de la sección transversal = profundidad del bocín = 60 mm.

$$h = \sqrt{\frac{6 * (2.15 * 10^{-7} \text{ m}^3)}{0,06 \text{ m}}}$$

$$h = 4.632 * 10^{-3} \text{ m} = 4.63 \text{ mm} \text{ requerido}$$

### **Selección del espesor (h) del bocín del soporte guía**

Una vez calculado el espesor h del bocín, se selecciona un valor de espesor comercial más alto que se aproxime al valor calculado.

$$h = 5 \text{ mm}$$

### 2.3.2.8 Diseño de la Cuchilla

La cuchilla cumple la función de arrastrar el producto que sale por los orificios de la tapa base de descarga realizando una cizalladura para cortar adecuadamente la masa extrudida.

Para el diseño de la cuchilla se determinó su forma y dimensión en función al espacio físico disponible en la tapa de descarga, obteniendo las siguientes dimensiones: 156mm de largo por 80 mm de ancho como se muestra en la figura 2.56.

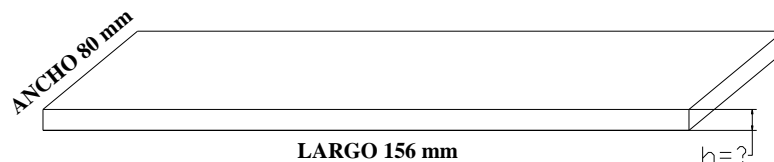


Figura 2.57 Medidas de la hoja de cuchilla

Para el caso de un cuchillo se pueden usar diferentes composiciones en el acero inoxidable martensítico de su hoja, puede ser tipo AISI 420 A, 420 B, 410, 414, 440 B, etc. Cada uno aporta diferentes características y posee diferentes composiciones químicas, distintas temperaturas para tratamientos térmicos y distintos grados de maquinabilidad.

El material que se ha seleccionado para la construcción de este elemento es el Acero AISI 420, este es el acero que conforma la hoja de cuchillo marca Tramontina el cual se utilizará para la construcción de la cuchilla del sistema de corte, las propiedades del material se encuentra en el anexo G2.

Para calcular el espesor de la cuchilla se debe determinar las fuerzas que actúan sobre esta.

Como punto de partida se calcula la presión que ejerce el tornillo helicoidal transportando la masa de melcocha sobre la tapa inferior del extrusor, para con éste valor calcular que fuerza aplica el producto al salir por la boquilla sobre la cuchilla.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 2.38}$$

Donde,

P = Presión (N/mm<sup>2</sup>)

F = Fuerza (N)

A = Área (mm<sup>2</sup>)

Del diseño del sistema de extrusión se toma los datos de F y A.

F = 4529.4 N

A = 8171.3 mm<sup>2</sup>

$$P = \frac{4529.4 \text{ N}}{8171.3 \text{ mm}^2}$$

$$P = 0.554 \text{ N/mm}^2$$

Con este valor de presión se va a calcular la fuerza con la que sale el producto por la boquilla, despejando la fuerza de la ecuación 2.38, tomando como dato el diámetro de la misma que es de 10 mm con un área de 78.5 mm<sup>2</sup>.

$$f = P * A$$

$$f = 0.554 \frac{N}{mm^2} * 78.5 mm^2$$

$$f = 43.5 N$$

Esta es la fuerza a la que sale el producto por cada una de las cuatro boquillas simultáneamente, con estos datos se procede a realizar el diagrama de cuerpo libre.

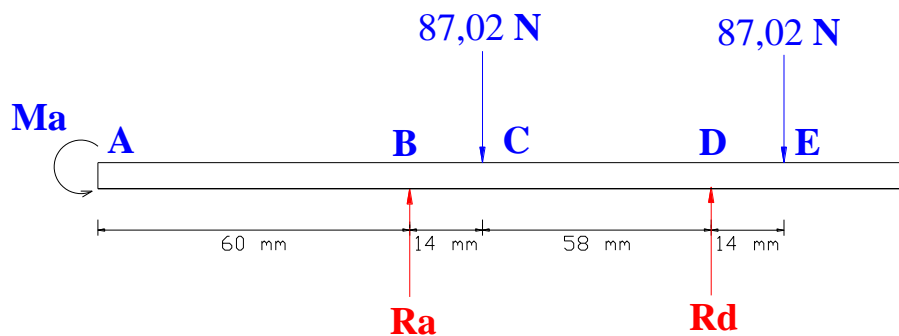


Figura 2.58 Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla.

El valor de  $M_a$  se obtiene del producto entre la fuerza de la reacción en el punto C que se encuentra en el eje seguidor (figura 2.52) y la distancia C-D.

Entonces,

$$M_a = 6.58 Nm$$

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

$$R_B + R_D = 87.02 N + 87.02 N$$

$$R_B + R_D = 174.04 N$$

$$\uparrow + \sum M_B = 0$$

$$6.58 - 87 N \cdot (0.014 m) + R_D \cdot (0.072 m) - 87 N \cdot (0.086 m) = 0$$

$$R_D = 29.47 Nm$$



Resolviendo el sistema de ecuaciones se tiene que:

$$R_B = 29.47 N$$

$$R_D = 144.57 N$$

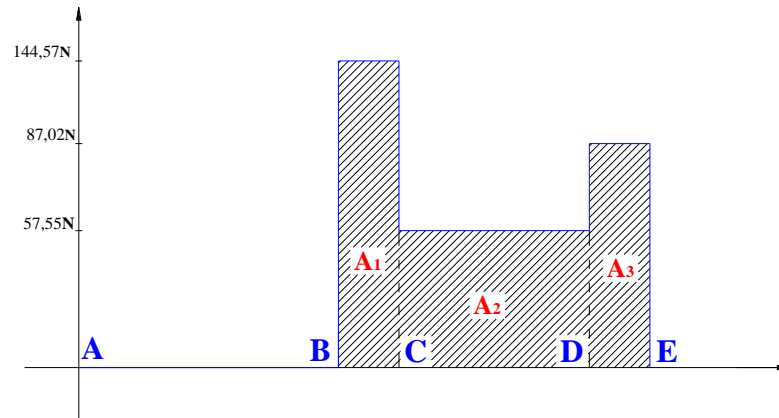


Figura 2.59 Diagrama de fuerza cortante

$$A_1 = 144.57 N * 0.014 m = 2.024 Nm$$

$$A_2 = 57.55 N * 0.058 m = 3.338 Nm$$

$$A_3 = 87.02 N * 0.014 m = 1.218 Nm$$

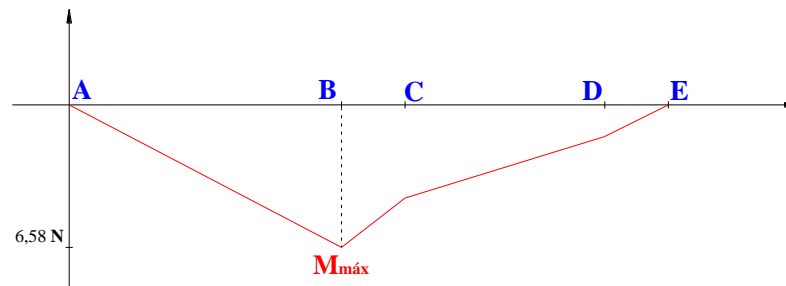


Figura 2.60 Diagrama de momento flector

Entonces,

$$M_{máx} = 6.58 Nm$$

Para el acero inoxidable AISI 420 se determina en tabla del anexo G2 que el valor de la resistencia a la fluencia del material es:

$$S_y = 345 \text{MPa} = 345 \text{MN/m}^2$$

A continuación se determina el factor de diseño o factor de seguridad:  $n = 3$

### **Cálculo del esfuerzo de diseño $\sigma_d$**

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n}$$
$$\sigma_d = \frac{345 \text{MN/m}^2}{3}$$
$$\sigma_d = 115 \text{MN/m}^2$$

### **Cálculo del módulo de sección $S$**

$$S = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_d}$$
$$S = \frac{6.58 \text{Nm}}{115 \text{MN/m}^2}$$
$$S = 5.72 * 10^{-8} \text{m}^3$$

### **Cálculo del espesor (h) de la cuchilla**

$$h = \sqrt{\frac{6 * S}{b}}$$

b = base de la sección transversal = 80 mm.

$$h = \sqrt{\frac{6 * (5.72 * 10^{-8} m^3)}{0,08m}}$$

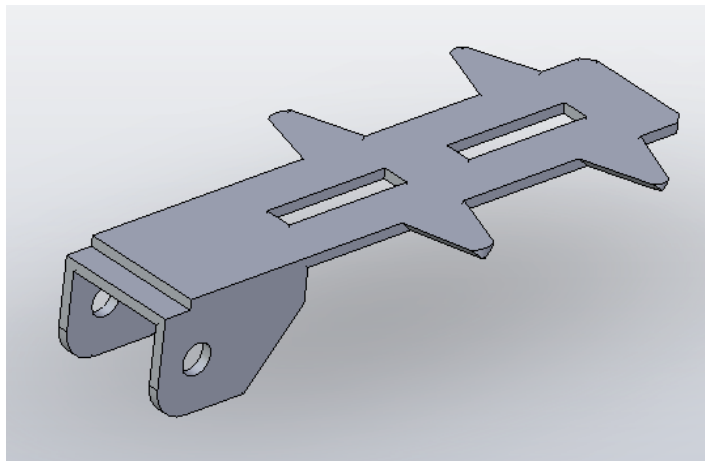
$$h = 2.07 * 10^{-3} m = 2.07 mm \quad \text{requerido}$$

### Selección del espesor (h) de la cuchilla

Una vez calculado el espesor h de la placa, se selecciona un valor de espesor comercial más alto que se aproxime al valor calculado.

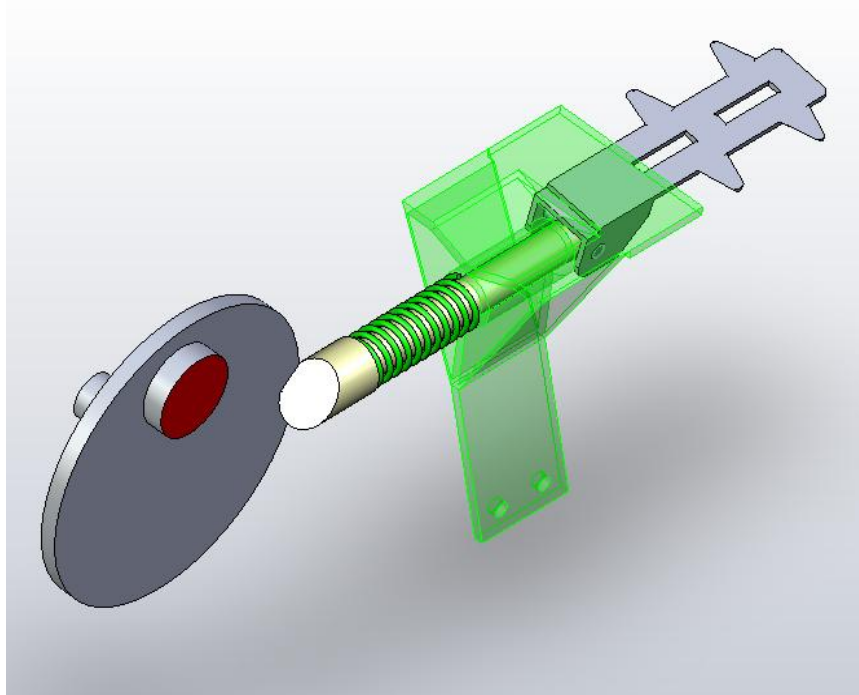
$$h = 2.5 mm$$

El resultado final de la forma de la cuchilla se presenta a continuación en la figura 2.61.



**Figura 2.61 Diseño de cuchilla.**

Una vez determinados todos los elementos que intervienen en el mecanismo de corte a continuación se presenta su respectivo ensamble (Figura 2.62).



**Figura 2.62 Mecanismo de corte.**

## **2.4 Diseño de la Estructura Base**

La estructura metálica corresponde una parte vital del proyecto puesto que esta sirve para alojar los diferentes elementos y dispositivos que intervienen en la construcción de la máquina.

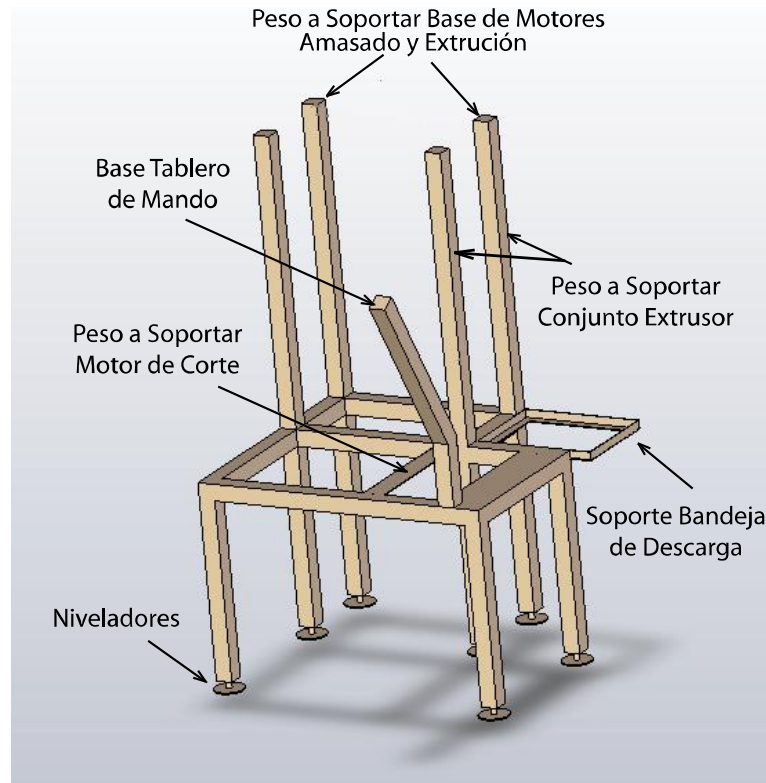
Para elegir el tipo y las características del material utilizado en la estructura se tomó en cuenta aspectos relacionados con: peso, tamaño y forma de los elementos que van a incorporarse al cuerpo metálico de la máquina.

Los perfiles utilizados en la máquina corresponden a los soportes que dan la rigidez a la estructura metálica por esta razón se decidió utilizar para este fin tubo estructural cuadrado de acero AISI 304 de 1,5" x 2 mm ya que este material es resistente y soporta perfectamente los esfuerzos y pesos requeridos.

La estructura cuenta con niveladores para su correcto posicionamiento en operación, los cuales son de igual manera de acero AISI 304 de 3 mm de

espesor, y un soporte para la bandeja de descarga la cual también es de acero AISI 304 de 1,5 mm de espesor doblada.

En la figura 2.62 se muestra los diferentes criterios utilizados para el diseño de la estructura y en donde se encontrarán alojados los elementos en dicha estructura.

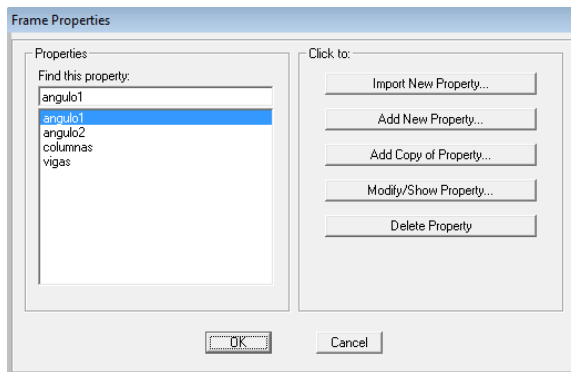


**Figura 2.63 Estructura base.**

Para el análisis de la estructura se utilizó el software de análisis y diseño de estructuras SAP2000 v12.0.0 Advanced. Se pueden analizar cualquier tipo de estructura e incluso diseñar elemento por elemento de manera precisa, es un programa de cálculo estructural en tres dimensiones mediante elementos finitos.

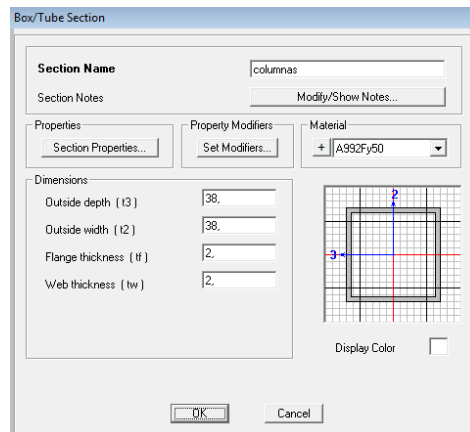
Mediante SAP2000 es posible modelar complejas geometrías, definir diversos estados de carga, generar pesos propios automáticamente, asignar secciones, materiales, así como realizar cálculos estructurales de hormigón y aceros.

Primero se debe definir las dimensiones de la estructura dibujándola en este caso en AutoCad para luego importarla al SAP2000 definiendo los elementos que componen la estructura (Figura 2.64).



**Figura 2.64 Elementos de la estructura**

Para éste caso el material es acero inoxidable AISI 304 y dimensiones de las columnas y vigas (Figura 2.65).



**Figura 2.65 Designación de Columnas y Vigas**

Una vez que la estructura está definida con las dimensiones y tipo de material se procede a calcular las cargas distribuidas aplicadas sobre la misma, tomando

como dato los pesos de los motoredutores de los manuales del fabricante, de la siguiente manera.

Para el caso del motor de  $\frac{1}{2}$  HP con un peso de 13 Kg. La carga es aplicada sobre las dos vigas, por lo tanto la misma se divide en dos partes iguales, entonces, se tiene una carga distribuida aplicada  $q_1$  y  $q_2$

$$q_1 = q_2 = Q/2$$

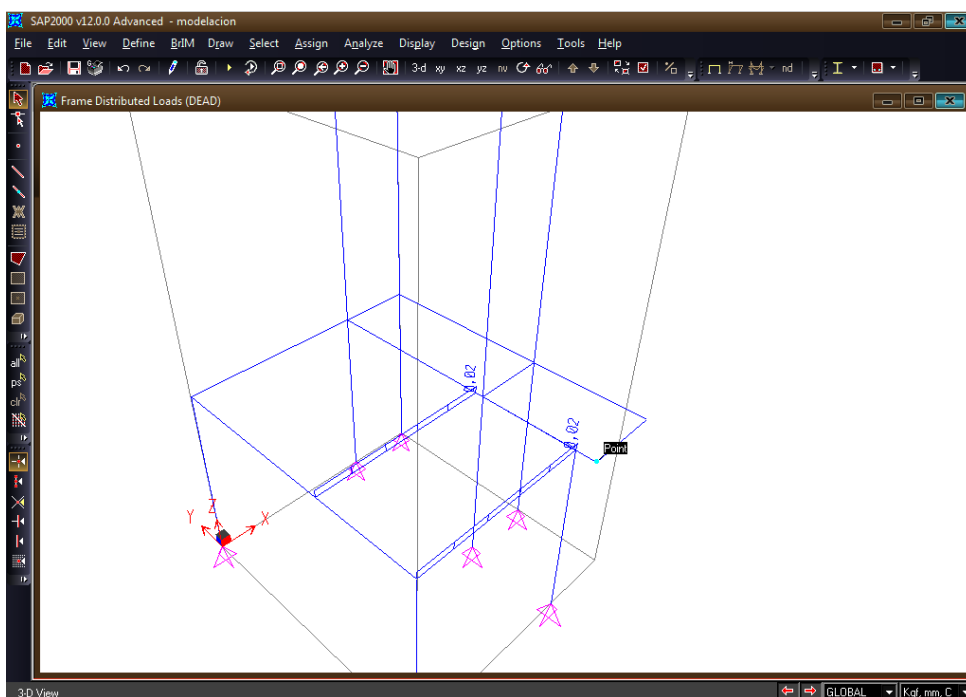
La longitud de las vigas es de 422mm.

Se considera además un peso  $K=3\text{Kg}$ , que es el peso del volante y de la base del motor. Por lo tanto el peso total  $Q$  será igual al peso del motor + el peso  $K$ .

$$Q = 13\text{Kg} + 3\text{Kg} = 16\text{Kg}$$

$$q_1 = q_2 = (Q/2)/422\text{mm} = 8\text{Kg}/422\text{mm} = 0,02\text{Kg}/\text{mm}$$

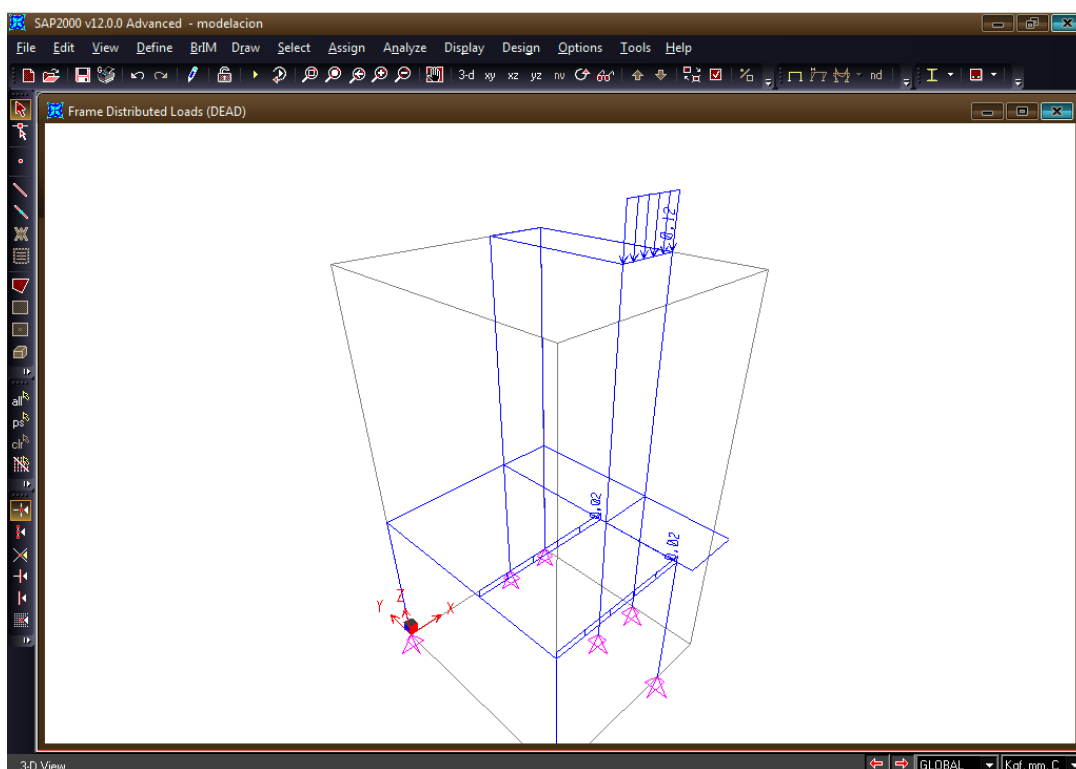
La carga  $q_1$  y  $q_2$  se aplica a la estructura de la siguiente manera:



**Figura 2.66. Carga aplicada por el motorreductor de ½ HP**

Para el motorreductor de 1 HP la carga es de 20Kg, ésta carga es distribuida en la viga considerada, cuya longitud es de 172 mm, con estos datos se calcula la carga distribuida como se muestra a continuación (Figura 2.67).

$$Q2 = 20\text{kg}/172\text{mm} = 0,12\text{Kg}/\text{mm}$$



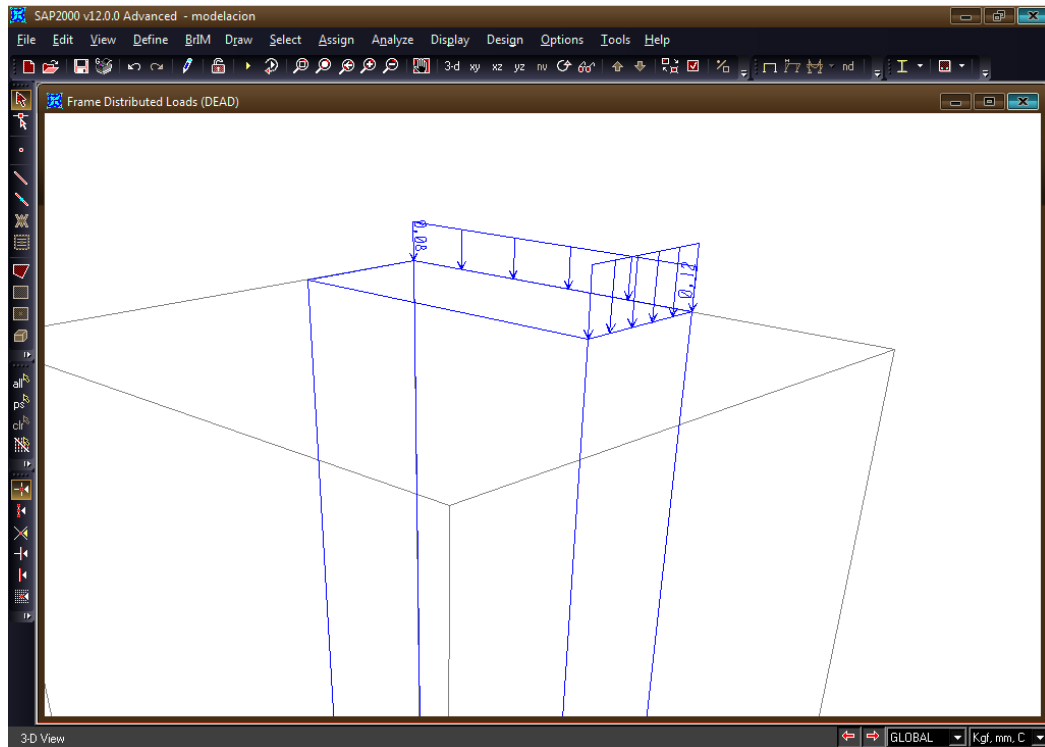
**Figura 2.67 Carga aplicada por el motorreductor de 1 HP**

El motorreductor de 2 HP tiene una carga de 35Kg, que es aplicada a la viga cuya longitud es de 422mm, por lo tanto la carga distribuida es.

$$q3 = 35/422 = 0,08\text{Kg}/\text{mm}$$

La misma que se aplica a la estructura de la siguiente manera (Figura 2.68).



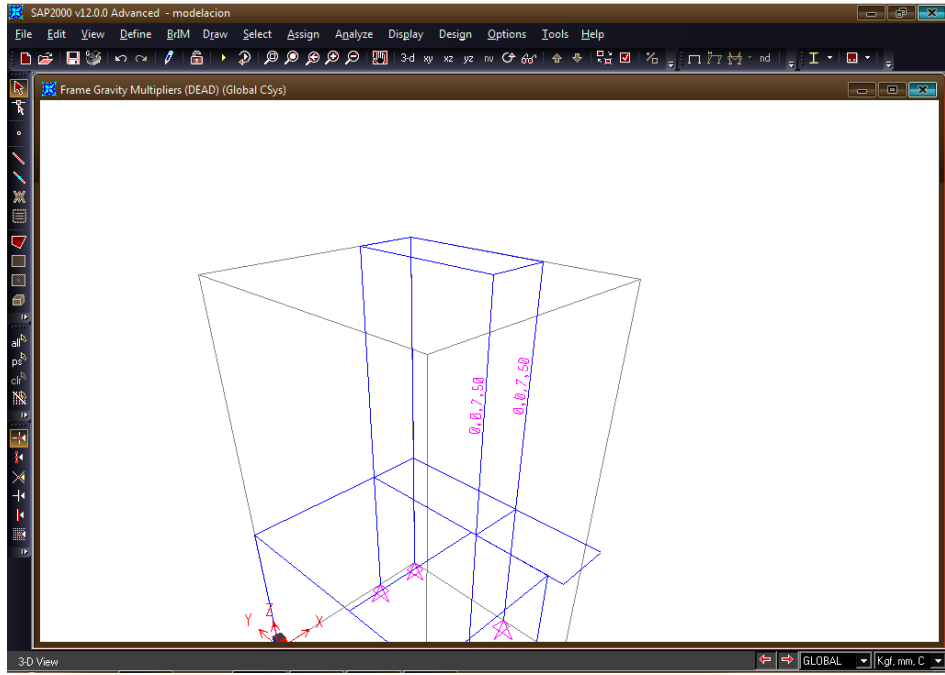


**Figura 2.68 Carga aplicada por el motorreductor de 2 HP**

Además se aplicará un peso muerto debido al extrusor de 15Kg. Este peso es aplicado a las dos columnas, por lo que el peso se divide en dos partes iguales siendo;

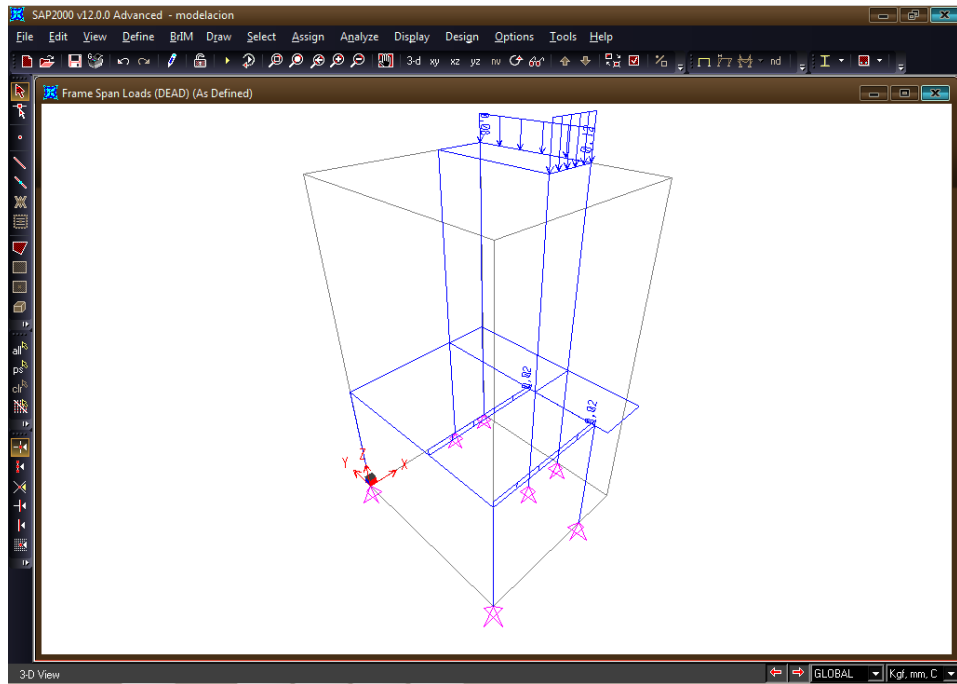
$$q_4 = q_5 = 15/2 = 7,5\text{Kg.}$$

Estas cargas son aplicadas de la siguiente manera (Figura 2.69).



**Figura 2.69 Carga aplicada por el extrusor**

Finalmente se tiene tanto las cargas distribuidas aplicadas (Figura 2.70), como las cargas puntuales aplicadas (Figura 2.69).



**Figura 2.70 Cargas distribuidas aplicadas**

Se realiza la simulación de la estructura considerando las cargas antes mencionadas, mas una carga modal que corresponde al propio peso de la estructura (Figura 2.71).



Figura 2.71 Cuadro de propiedades de simulación

## Resultados

Como resultado del análisis se tiene la serie de resultados gráficos que se presentan a continuación.

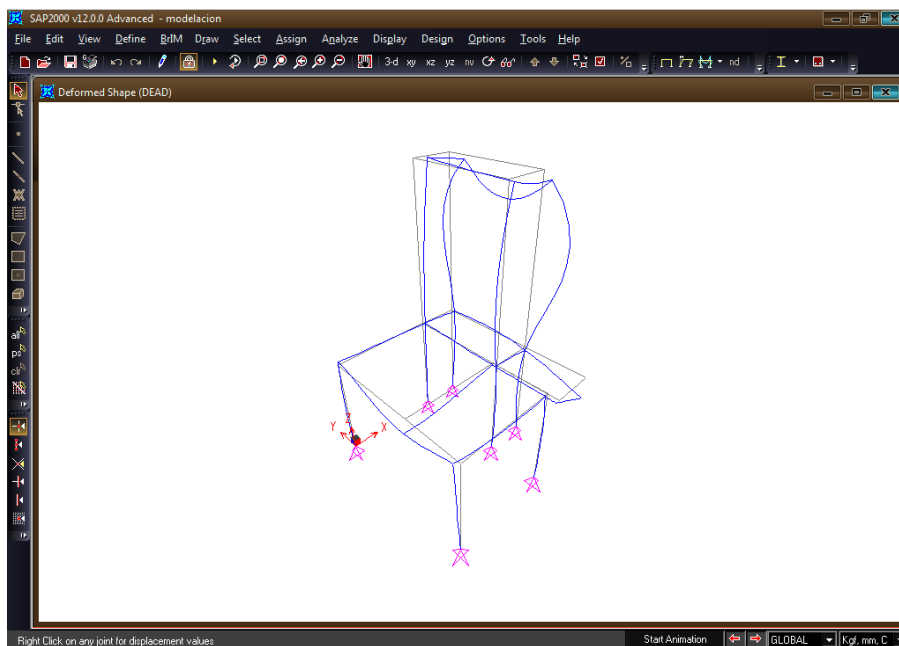


Figura 2.72 Estructura deformada

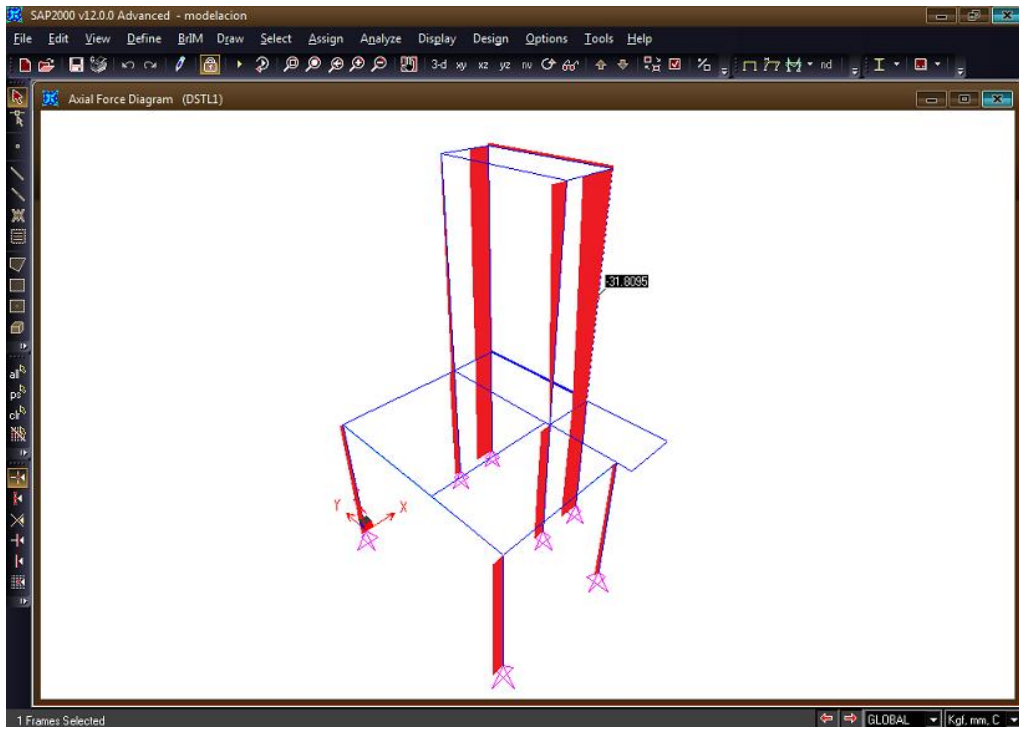


Figura 2.73 Diagrama por cargas axiales en la estructura

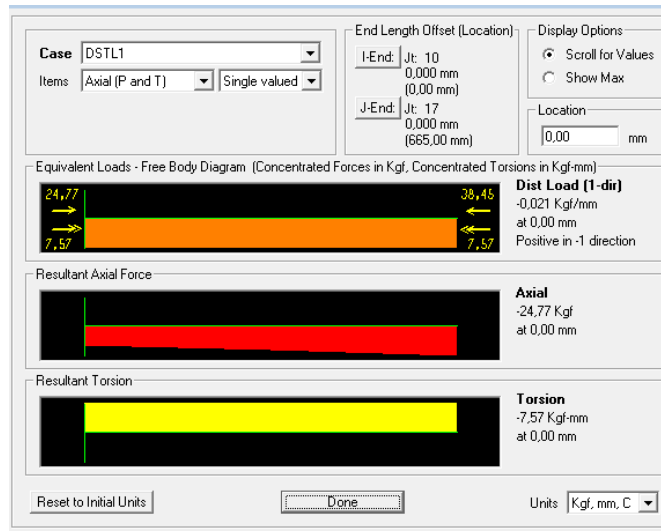


Figura 2.74 Diagrama por cargas axiales en la columna

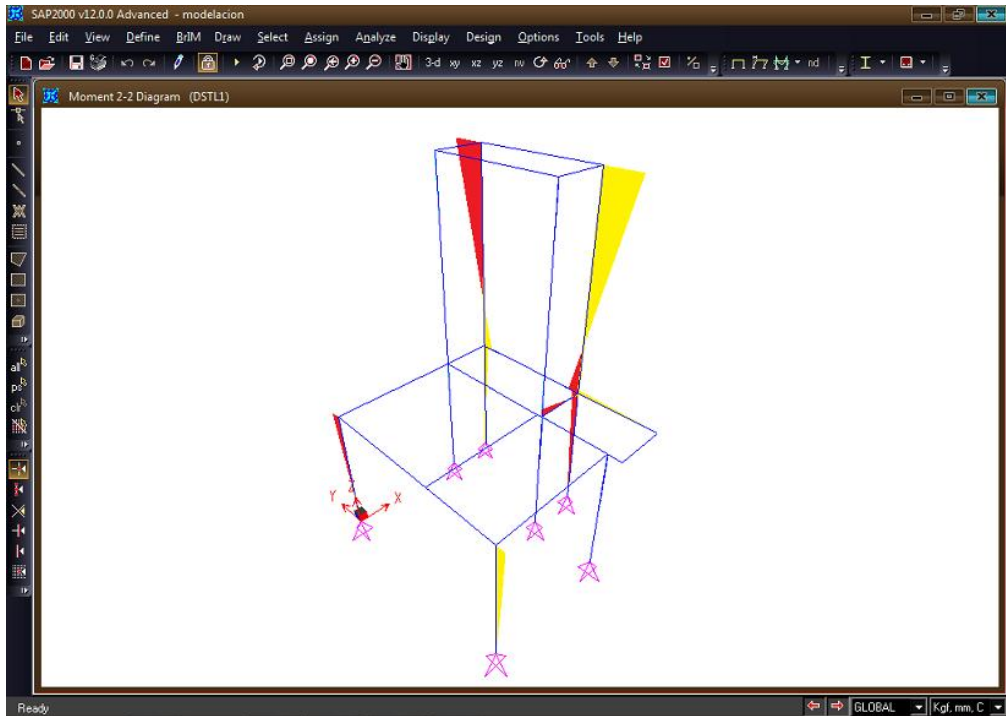


Figura 2.75 Diagramas por Momentos Flectores en la estructura

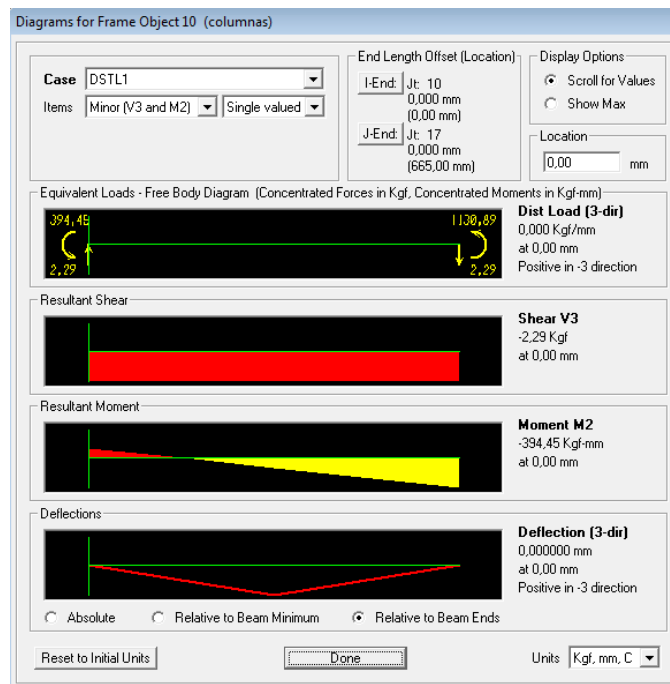


Figura 2.76 Diagramas por Momentos Flectores de la columna

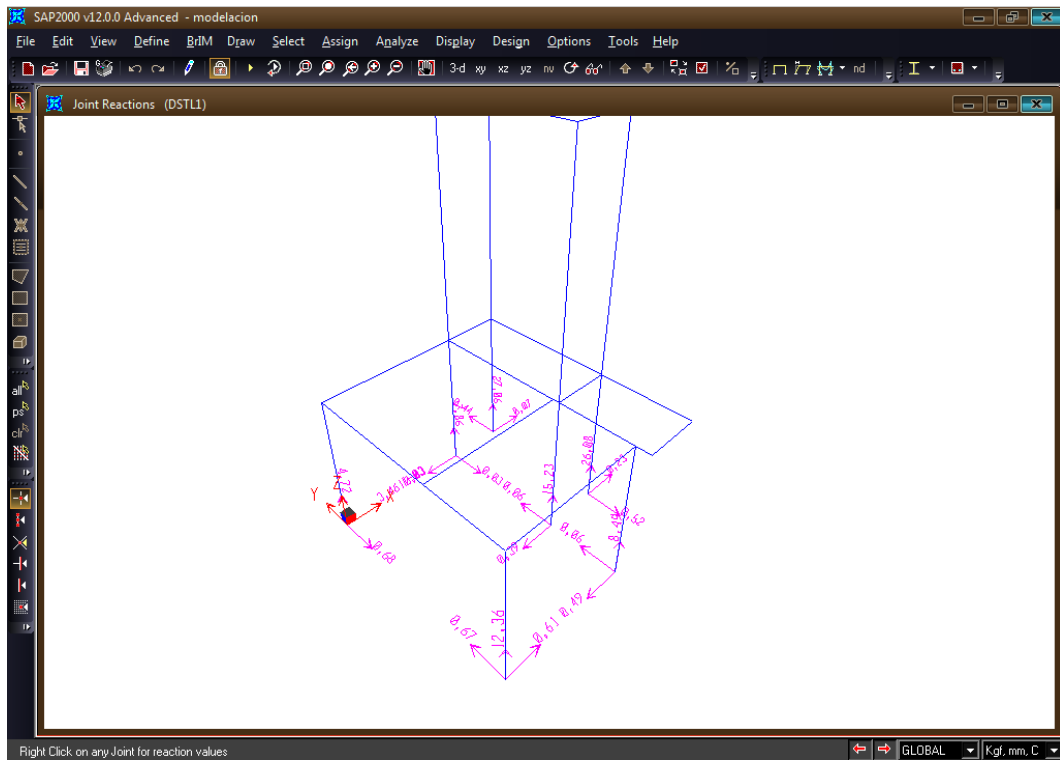


Figura 2.77 Reacciones generadas

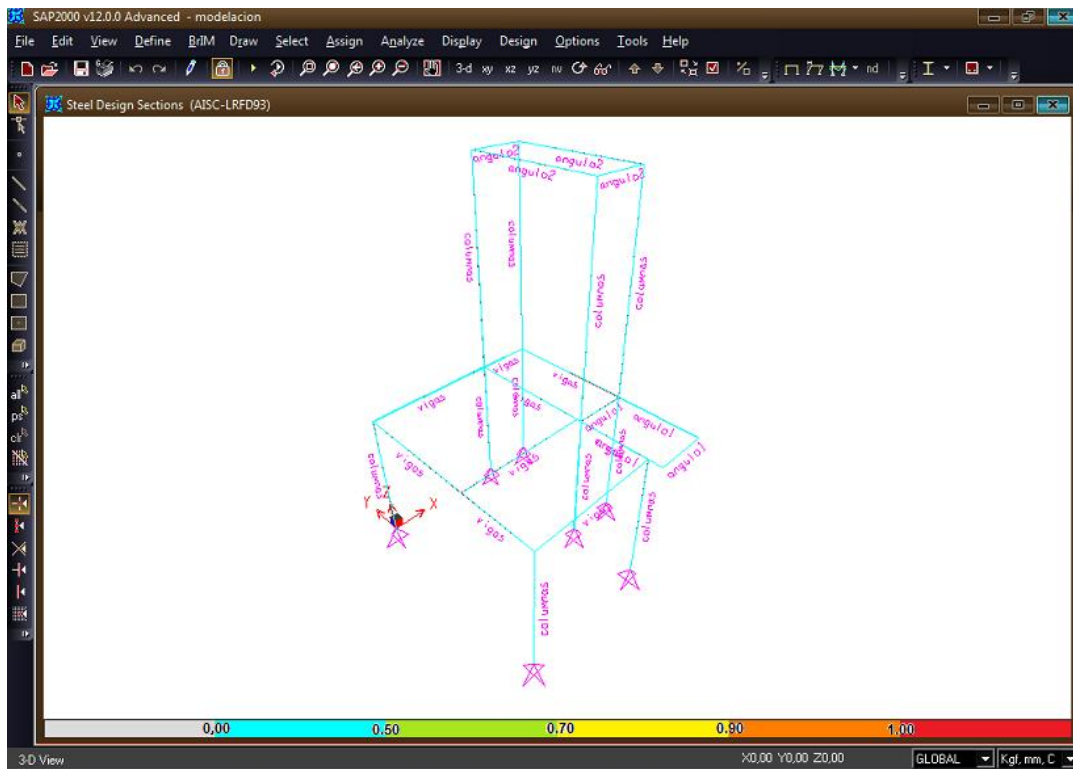


Figura 2.78 Análisis estático de la estructura

En la figura 2.78 se puede determinar la resistencia de la estructura en función a los colores de cada viga y a la escala graduada que muestra el esfuerzo al que está sometida la estructura, se tiene como máxima estabilidad al valor de 0.00 con el color gris y como riesgo de falla o esfuerzo máximo al valor de 1.00 con el color rojo, como se puede observar la estructura está en su totalidad de color celeste con un valor de esfuerzo admisible de 0.50 el cual indica la estabilidad de la estructura.

Tomando en cuenta que el factor de seguridad se expresa como:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\sigma_{\text{máximo}}}{\sigma_{\text{admisible}}} = \frac{1.00}{0.50}$$
$$\text{Factor de seguridad} = 2$$

En conclusión se puede notar que la estructura metálica presenta estabilidad y un rango de seguridad de dos, muy bueno para un trabajo seguro.

## **2.5 Diseño del Control Eléctrico**

Para el diseño de control eléctrico de esta máquina se ha dispuesto tener un control manual y otro automático para su debido funcionamiento de acuerdo al requerimiento de fabricación de las melcochas ya sea cuando se tenga que trabajar puntualmente una carga de 4 kg., o continuamente cargas del mismo peso.

### **a. Control Manual**

Este control es el más sencillo y conocido, es generalmente el más utilizado para el arranque de motores. Este tipo de control se utiliza frecuentemente con el propósito de la puesta en marcha y parada del motor.

El control manual se caracteriza por el hecho de que el operador debe mover un interruptor o pulsar un botón para que se efectúe cualquier cambio en las condiciones de funcionamiento de la máquina o del equipo en cuestión.

## **b. Control Automático**

Un control automático está formado por un arrancador electromagnético o contactor controlado por uno o más dispositivos pilotos automáticos. La orden inicial de marcha puede ser automática, pero generalmente es una operación manual, realizada en un panel de pulsadores e interruptores.

En algunos casos el control puede tener combinación de dispositivos manuales y automáticos. Si el circuito contiene uno o más dispositivos automáticos, debe ser clasificado como control automático.

### **2.5.1 Diseño de los Circuitos de Control y Fuerza**

En el diseño del circuito de control eléctrico se tiene dos tipos de circuitos que son:

- Circuito de Control
- Circuito de Fuerza

#### **2.5.1.1 Circuito de control**

##### **a. Tablero de Mando**

- Selector 3 posiciones.
- Pulsador tipo hongo N/O
- Pulsadores N/O
- Luces piloto verde y rojo
- Emergencia



- Sirena

## **b. Tablero de control**

### **Elementos Externos**

Los elementos externos que se encuentran comandados por el tablero de control son:

- Pulsador de pedal
- Sensor de proximidad
- Termocupla

### **Elementos Internos**

Los elementos que se encuentran dentro del tablero de control son aquellos que comandan y protegen debidamente el funcionamiento de la máquina, y son los siguientes:

- Fusibles
- Interruptores termomagnéticos
- Contactores y Guardamotores
- Temporizador
- Relay
- Controlador de temperatura
- PLC

### 2.5.1.2 Diseño del Circuito de Control

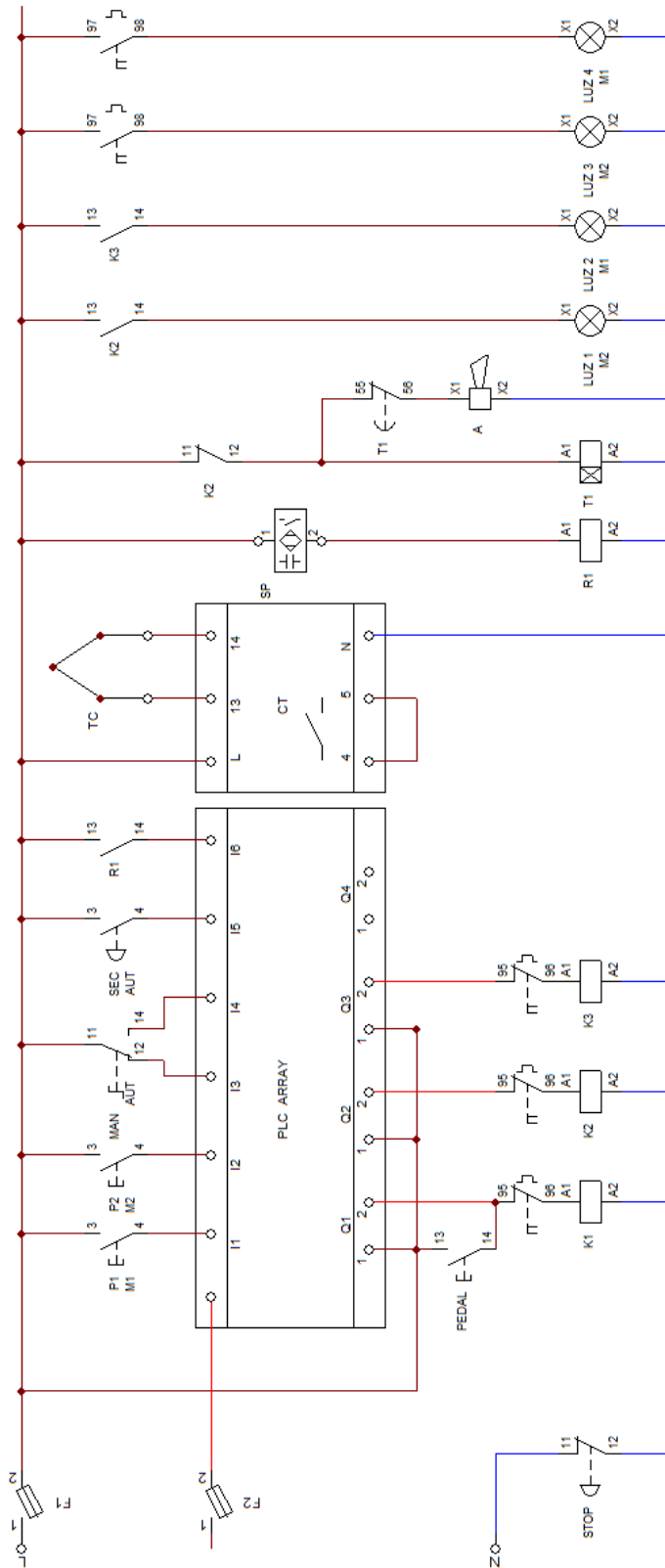


Figura 2.79 Diagrama del Circuito de Control (Software CAdE\_SIMU)

### 2.5.1.3 Diseño del Circuito de fuerza

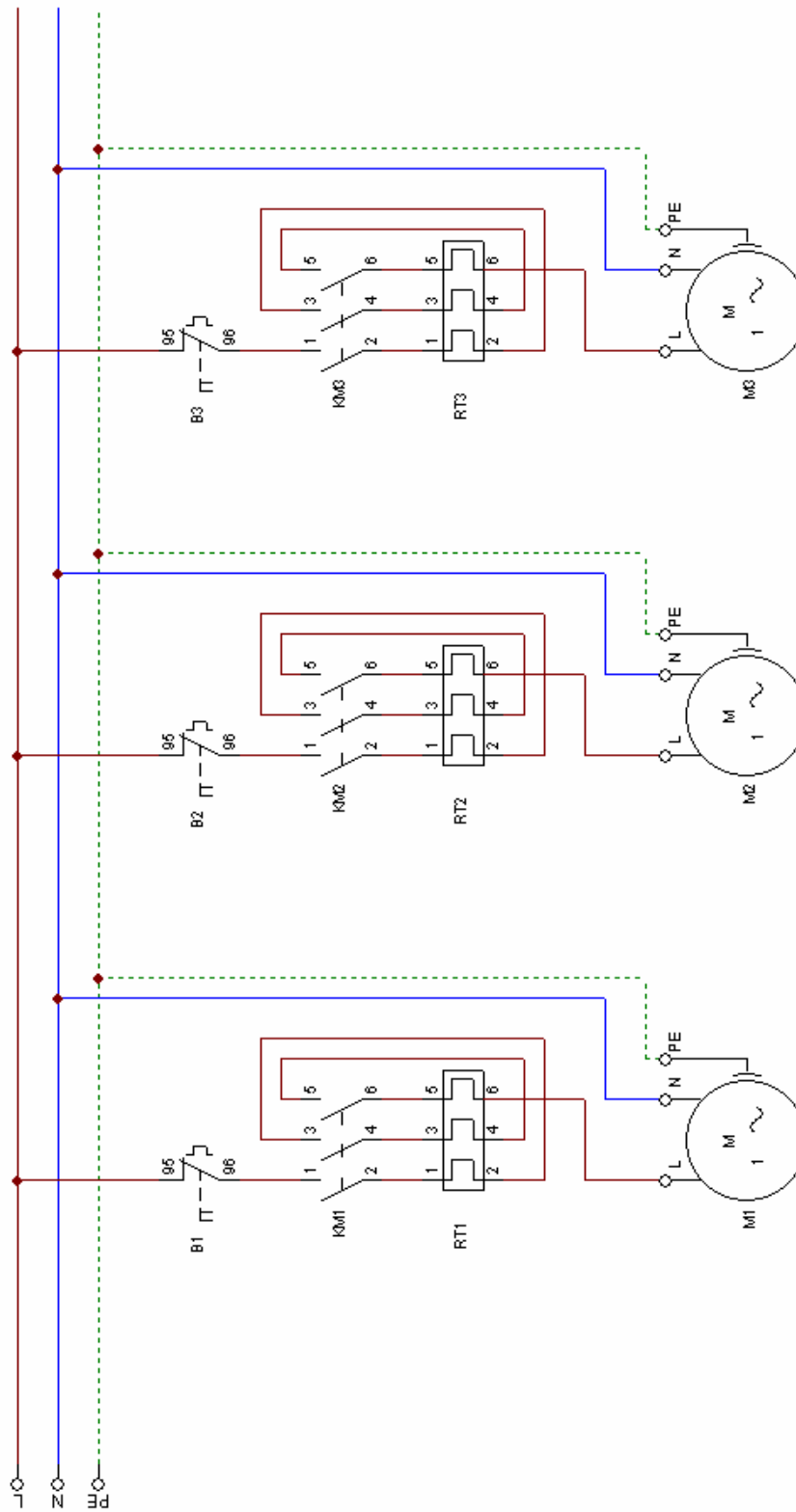


Figura 2.80 Diagrama del Circuito de Fuerza (Software CAdE\_SIMU)

## 2.5.2 Selección, Dimensionamiento y Características de los Elementos Eléctricos Constitutivos.

### 2.5.2.1 Interruptor de pedal

Se utiliza este interruptor tipo pedal (Figura 2.65) ya que al momento de comenzar a realizar el corte en porciones del producto, el operador lo puede hacer funcionar en forma manual y realizar cortes a su voluntad ya que se lo coloca a nivel del piso para que a medida que se de los pulsos se pueda posicionar la cuchilla de corte con mas facilidad y sin riesgo de sufrir algún accidente.



**Marca:** Camsco

**Modelo:** FS 2

**Voltaje:** 250 V

**Corriente:** 10 A

Figura 2.81 Interruptor tipo pedal

### 2.5.2.2 Sensor de proximidad

Los sensores de proximidad son los más comunes y asequibles para la solución de detección de objetos que no se pueden tocar.

Los más comunes son:

- Interruptores de Posición
- Capacitivos
- Inductivo

- Fotoeléctrico

### Selección del Sensor de Proximidad

Como elemento sensor de proximidad de nuestro sistema se ha seleccionado el de tipo capacitivo ya que nuestro producto es un elemento no metálico.

Los requerimientos principales fueron:

- Trabajo a intemperie.
- Voltaje 110 V.
- Distancia de detección mínima: 5mm

Por razones de disponibilidad comercial y de costo mínimo, se selecciono un sensor de proximidad capacitivo modelo CR18-8AO, (Figura 2.66).



**Marca:** Autonics

**Modelo:** CR18-8AO

**Voltaje:** 100-240VAC

**Salida:** 200mA

**Alcance:** 8 mm +/- 10%

**Protección:** IP66 (IEC Standard) –  
(Anexo F1)

**Figura 2.82 Sensor de proximidad capacitivo**

- Capaz de detectar hierro, metal, plástico, agua, piedra, Madera, etc.
- Largo ciclo de vida y alta confiabilidad.
- Alimentación de polaridad inversa, aumento, protección sobre corriente.
- Fácil de ajustar la distancia de detección con el ajustador de sensibilidad.
- Indicación del estado por LED rojo.
- Fácil de controlar el nivel y posición.

### 2.5.2.3 Relé

La selección el relé (Figura 2.83) se da de acuerdo al tipo del sensor de proximidad que se va a utilizar para su debido funcionamiento ya que dicho sensor es quien da la señal para el accionamiento y debido funcionamiento del motor 3 que es utilizado para el corte en porciones de la melcocha.

Por razones de disponibilidad y costo mínimo se ha seleccionado un relé con las siguientes características:



**Marca:** Sassin

**Modelo:** MY 3

**Voltaje:** 110 VAC

**Contacto:** 5A - 240VAC

**Figura 2.83 Relé enchufable**

#### 2.5.2.4 Controlador de temperatura

La selección de este elemento (Figura 2.84) se da inicialmente por la necesidad de controlar la temperatura interior de la camisa del tornillo con el producto por medio de una resistencia eléctrica para mantenerla caliente a 35 °C, pero debido al cambio realizado de resistencia por una camisa de enfriamiento la cual ayuda a bajar la temperatura de la masa para que esta alcance el punto de quiebre al momento de cortar el producto, por tal razón este controlador funcionara como un visualizador de la temperatura.

Por razones de disponibilidad y costo mínimo se ha seleccionado un controlador de temperatura con las siguientes características:

<b>Marca:</b>	Sassin
<b>Modelo:</b>	3S – C700
<b>Rango:</b>	K 0 – 600°C
<b>Fuente:</b>	AC 110/220V



Figura 2.84 Controlador de temperatura

#### 2.5.2.5 Termocupla

Las termocuplas son el sensor de temperatura más común y versátil que se utiliza industrialmente, está compuesto de dos alambres de distinto material o aleación unidos en un extremo generalmente soldados (unión caliente) y al aplicar temperatura en dicha unión genera un voltaje muy pequeño por una fuerza electromotriz (fem) que es proporcional a la misma.

## Clases de Termocuplas

En la Tabla 2.15 se tiene la composición, rango de temperaturas, diámetros de alambre apropiado y fuerzas electromotrices (fem) correspondientes a distintas termocuplas.

Tipo	Denominación	Composición y símbolo	Rango de temperaturas (1) (en °C)	Diámetro del alambre apropiado (2)	F.e.m.en mV (3)
<b>B</b>	Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%	PtRh 30% - PtRh 6%	0 ... 1.500 (1.800)	0,35 y 0,5 mm	0...10,094 (13,585)
<b>R</b>	Platino-rodio 13% vs. platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0.16,035 (20,215)
<b>S</b>	Platino-rodio 10% vs. platino	PtRh 10% - Pt	0...1300(1.600)	0,35 y 0,5 mm	0...13,155 (15,576)
<b>J</b>	Hierro vs. constatón	Fe - CuNi	-200 ... 700 (900)	3 mm 1mm	-7.89 ... 39,130 (51,875)
<b>K</b>	Niquel-cromo vs. níquel (Chromel vs. Alumel )	NiCr - Ni	-200 ... 600 (800) 0...1000(1.300)	3 ó 2 mm 1,38 mm	-7.89 ... 33,096 (45,498) 0...41,269 (52,398)
<b>T</b>	Cobre vs. constatón	Cu - CuNi	0 ... 900 (1.200) -200 ... 700 (900)	0,5 mm	0...37,325 (48,828) -5,60 ... 14,86 (20,86)
<b>E</b>	Niquel-cromo vs. constatón (Chromel vs. constatón )	NiCr - CuNi	-200 ... 600 (800)	3 mm	-9,83 ... 53,11 (68,78) -8,83 ... 45,08 (61,02)

**Tabla 2.15 Tipos de termocuplas**

(1) Los valores entre paréntesis son los admitidos en intervalos cortos (no permanentes).

(2) Los diámetros de alambres no son indicativos.

(3) Valores de fem (mV) en función de ° C, referencia junta fría 0° C.

## Selección de la termocupla

Como elemento sensor de temperatura de nuestro sistema se ha seleccionado la termocupla tipo J (Figura 2.85) ya que tiene las características que se necesita para el mismo.

Los requerimientos principales fueron:



- Temperatura: (30-60) °C
- Medición externa (no tiene contacto con la masa)

Por razones de disponibilidad comercial y de costo mínimo, se selecciono la termocupla cuyas características principales se muestran a continuación.



**Termocupla:** Tipo J

**Rango:** 42.2 mV

**Temperatura:** (-180, 750)°C

**Longitud Cable:** 2m

**Figura 2.85 Termocupla tipo J**

Las termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas (Zamac, Aluminio).

#### **2.5.2.6 Fusibles**

Por protección eléctrica del circuito de control se ha considerado fusibles contra cortocircuitos y sobrecargas de 2A para uso general, con su respectiva porta fusible.

#### **2.5.2.7 Interruptores termomagnéticos**

Como protección de los elementos de fuerza se tiene los siguientes interruptores que son:

- Dos interruptor termomagnético tipo BKN de 1 polo 16 amperios.
- Un interruptor termomagnético tipo BKN de 1 polo 25 amperios.

### 2.5.2.8 Contactores y Guardamotores

Para cada motor que se tiene en la máquina se debe tener una protección diferente la cual se selecciona tomando en cuenta algunos parámetros, como los que se muestra en la tabla 2.16 a continuación:

Motores	Potencia (Hp)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Fase	Frecuencia (Hz)
M1	1	110	12,5	1	60
M2	2	110	21,4	1	60
M3	1/2	110	6,5	1	60

**Tabla 2.16 Especificación eléctrica de los motoredutores**

Por razones de disponibilidad comercial y de costo mínimo, se selecciono los contactores y guardamotores especificados a continuación en la tabla 2.17.

Motores	Contactores Modelo	Guardamotores	
		Modelo	Rango (A)
M1	GMC- 12	GTK-22	6 - 13.
M2	GMC-22	GTK-22	16 - 22.
M3	GMC- 9	GTK-22	5 - 8.

**Tabla 2.17 Contactores y guardamotores seleccionados**

### 2.5.2.9 Temporizador

Un temporizador es un aparato mediante el cual, se puede regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico pasado un tiempo desde que se le dio dicha orden.

El temporizador es un tipo de relé auxiliar, con la diferencia de que sus contactos no cambian de posición instantáneamente. Los temporizadores se pueden clasificar en:

- Térmicos.
- Neumáticos.
- De motor síncrono
- Electrónicos.

Los temporizadores pueden trabajar a la conexión o a la desconexión.

- **A la conexión:** cuando el temporizador recibe tensión y pasa un tiempo hasta que conmuta los contactos.
- **A la desconexión:** cuando el temporizador deja de recibir tensión al cabo de un tiempo conmuta los contactos.

### **Selección del Temporizador**

El temporizador (Figura 2.86) que se va a utilizar en nuestra máquina es del tipo térmico el cual va a ser utilizado para el control de un dispositivo de alarma.

Los requerimientos son:

**Voltaje:** 110V

**Tiempo:** 5 segundos

Por razones de disponibilidad comercial y costo mínimo se selecciono el temporizador con las siguientes características:

**Marca:** E.B.C.

**Tipo:** STP3PA-C

**Rangos:** 5seg, 50seg, 5min, 30min

**Voltaje:** AC 220V

**Corriente:** 5A



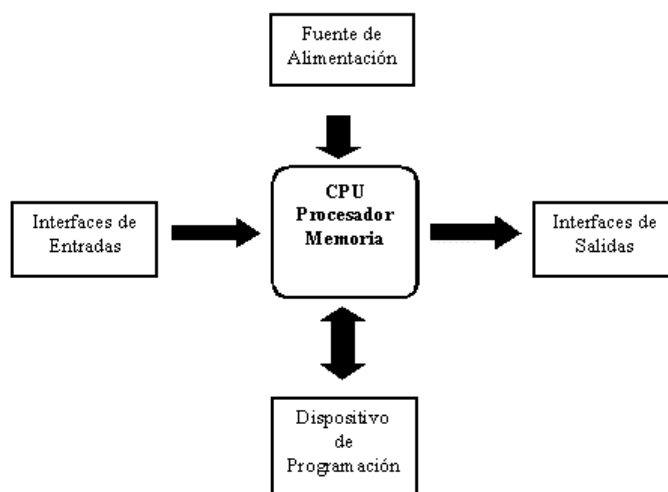
**Figura 2.86 Temporizador**

#### **2.5.2.10 PLC**

El controlador lógico programable también conocido como PLC es un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas tales como: Operaciones lógicas, operaciones aritméticas, secuencias, conteos, temporizadores, etc. con el objetivo de automatizar máquinas y procesos, es decir, el PLC es un dispositivo usado para controlar y este control se realiza sobre la base de una lógica definida a través de un programa.

La estructura básica de cualquier controlador lógico programable es la siguiente:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Terminal de programación



**Figura 2.87 Estructura del PLC**

### **2.2.2.10.1 Aplicaciones del PLC**

EL PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso ya que está en constante evolución, por tanto este campo se amplía continuamente para poder satisfacer las necesidades que se detectan al momento de su aplicación.

Su campo de aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, control de procesos, etc.; esto hace que su eficiencia se aprecie fundamentalmente en procesos en el cual se reduce necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalación de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Las aplicaciones generales de los PLC's son:

- Maniobra de maquinarias.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

#### **2.5.2.10.2 Ventajas y Desventajas en el uso de los PLC's**

- Algunas de las ventajas que se encuentran son:
- Reducción en el cableado y su costo.
- Reducción en el requerimiento de espacio.
- Control flexible debido a que todas las operaciones son programables.
- Alta confiabilidad de los dispositivos de estado sólido.
- Alta capacidad de almacenamiento de información.
- Disponibilidad de monitoreo del proceso y diagnóstico de fallas.
- Capacidad de cambios de parámetros sin detener el proceso.
- Muestreo de señales analógicas y digitales.
- Su diseño modular permite agregar y sustituir cambios requeridos.
- Utiliza lenguaje de programación siguiendo los estándares industriales como diagramas de líneas y lógica Booleana.

Las únicas desventajas o inconvenientes que presenta el uso de PLC's son:

- Costo del equipo
- Adiestramiento de personal capacitado para su uso.

### 2.5.2.10.3 Selección del PLC.

A continuación se muestra una comparación entre dos PLC's existentes en el mercado que cumplen con los requerimientos y características necesarias para su implementación en el sistema de control de la máquina.

<b>LOGO</b>		<b>FAB - ARRAY</b>	
<b>Tensión nominal:</b>	115/240V	<b>Tensión nominal:</b>	100/240V
<b>Frecuencia:</b>	50-60Hz	<b>Frecuencia:</b>	50-60Hz
<b>Corriente Nominal:</b>	10/40mA	<b>Corriente Nominal:</b>	26mA
<b>Potencia:</b>	4,6W	<b>Potencia:</b>	3W
<b>Número de Entradas:</b>	8	<b>Número de Entradas:</b>	6
<b>Número de Salidas:</b>	4	<b>Número de Salidas:</b>	4

Las funciones que debe desempeñar el PLC a seleccionarse dentro del control del proceso serian las siguientes:

- Permitir la entrada de señales digitales provenientes del sensor.
- Tener el suficiente numero de entradas y salidas según el requerimiento del equipo.

- Las características de voltaje, corriente y demás parámetros eléctricos sean adecuados para poder instalar los diversos elementos que requiere la máquina.

Teniendo en cuenta los datos y requerimientos antes mencionados, el PLC más adecuado para implementarlo en nuestro sistema de control de la máquina es el FAB-ARRAY AF-10MR-A, las razones principales por las que se escogió este modelo de PLC fueron: el costo está por debajo de los demás, la utilización de un PLC diferente a los comúnmente utilizados, facilidad de programación y adquisición de software.

### **Controladores Lógicos Programables Modelo AF-10MR-A**

Este tipo de PLC's como se muestra en la figura 2.72, son un nuevo tipo de controladores que se encuentran en el mercado, la programación de los mismos se efectúa por medio de los llamados FBD (Diagrama de Bloques de Función) haciendo así más fácil y simple su aprendizaje para la programación del dispositivo, a diferencia de la programación convencional (Diagrama Leader o la lista de instrucciones) (Anexo I1).



**Figura 2.88 PLC Fab-Array Modelo AF-10MR-A**

#### **Características:**

- Estructura muy compacta, con un tamaño muy pequeño y un peso muy reducido.
- Panel LCD removible.



- Amplio rango de tensiones de alimentación.
- Capacidad de almacenamiento de programas de hasta 127 bloques de funciones.
- Función de reloj en tiempo real, configurando hasta 127 intervalos de tiempos diferentes.
- Entradas análogas y transmisión de datos, para implementar un control de temperatura, humedad, presión, flujo, etc. y retransmitirlas a una PC para su monitoreo.
- Se puede acoplar un modulo de voz al PLC (Figura 2.89), para comunicarse a través del teléfono con el usuario para informar sobre novedades o enviar avisos de alarmas, programándolo previamente.
- Posee la capacidad de ser conectado en red, conectándose hasta 255 PLC's en una red RS-485, para ser supervisados y/o comandados desde una misma PC.
- Cuenta con un código de seguridad para evitar el acceso a la programación de forma indebida.
- Software de programación amigable y de libre adquisición.



**Figura 2.89 PLC junto al Modulo de Voz**

El campo de aplicación de este PLC es diverso al igual que los otros existentes en el mercado, ya que pueden ser usados en automatizaciones industriales, de maquinaria, iluminación automatizada, sistemas de seguridad, etc.

### **2.5.3 Programación del PLC para el Control del Proceso.**

Al momento de empezar a desarrollar la programación de un PLC se debe tener claros algunos criterios en los cuales se basa para su ejecución y posterior aplicación al sistema del proyecto.

#### **2.5.3.1 Lenguaje de Programación**

Existen varios lenguajes de programación utilizados para este fin, ya sea mediante diagrama ladder que es el más conocido y usado por los autómatas, o la lista de instrucciones que utilizan los autómatas de gamma baja.

Para nuestro caso el lenguaje de programación a utilizar es el diagrama de bloque de funciones que actualmente la mayoría de autómatas programables los han implementado, dejando a un lado poco a poco al conocido diagrama ladder.

##### **2.5.3.1.1 Diagrama de Bloque de Funciones (FBD)**

La serie de los PLC que se ha seleccionado para nuestro proyecto tiene como método de programación el de bloques funcionales, es decir, funciones prediseñadas para ser vinculadas en una arquitectura abierta de programación.







Existen 20 diferentes tipos de funciones configurados, y cada uno puede efectuar una función de control específica, como por ejemplo, temporizadores con demora al encendido o al apagado, relojes horarios, comparadores analógicos, compuertas lógicas, etc.

Vinculando varios bloques de una manera específica, pueden obtenerse funciones de control relativamente complicadas. Se dispone de los siguientes tipos de operadores para los bloques de funciones:

1. Tipo de terminal de entrada: I1 a IC (Entradas del Array: 1 a C), Q1 a Q8 (Salidas del Array: 1 a 8), M00 a M126 (relés intermedios), HI (Estado alto o 1), LO (Estado bajo o 0), X (sin conexión), P0 a P9 (Entrada de pulso bitonal de teléfono).
2. Tipo de terminal de Salida: Q1 a Q8 (Salidas del Array: 1 a 8), M00 a M126 (relés intermedios).

### 2.5.3.1.1 Bloque de funciones Básicas

Existen 6 tipos de funciones básicas o lógicas que se listan en la siguiente tabla 2.18, los mismos poseen una o más entradas lógicas y solo una salida lógica.

Diagrama de línea	Bloque de función Array	Función lógica
Conexión en serie de contactos NO		AND
Conexión en paralelo de contactos NO		OR
Inversor de fase		NOT
Doble conmutador		XOR
Conexión en serie de contactos NC		NOR
Conexión en paralelo de contactos NC		NAND

**Tabla 2.18 Lista de funciones básicas**

### 2.5.3.1.2 Bloque de Funciones Especiales

Los bloques de funciones especiales cuentan además de los terminales de entrada de cada bloque de función con otros para tareas específicas, como por

ejemplo el terminal de entrada RESET (restablecimiento) indicado como entrada R. en la siguiente tabla 2.19 se puede apreciar estas funciones.

Función	Gráfico	Representación
Temporizador demorado a la conexión		
Temporizador demorado a la desconexión		
Relé de pulsos		
Reloj Horario		
Arranque-Parada o Set/Reset		
Clock o generador de pulsos de reloj		
Retardo con retención		
Contador ascendente		
Contador descendente		
Temporizador de único pulso		
Comparador analógico		
Reproductor de voz (1 registro)		
Grabador de voz (1 registro)		

**Tabla 2.19 Listado de funciones específicas**

### 2.5.3.2 Entradas del PLC.

Los terminales de entrada de un PLC forman la interface mediante el cual los dispositivos de campo se conectan al mismo. Las entradas en el caso del diseño de la máquina corresponden a los botones pulsadores, interruptor de 3 posiciones y sensor de proximidad capacitivo. Todos estos elementos son dispositivos discretos que proporcionan un estado ON /OFF al PLC.

En la tabla 2.20 se enlista los dispositivos de entrada al PLC.

No.	Función	Dispositivo	Designación
1	Arranque motoreductor monofásico 1Hp	Botón pulsador	I1
2	Arranque motoreductor monofásico 2Hp	Botón pulsador	I2
3	Arranque manual	Interruptor de 3 posiciones	I3
4	Arranque automático	Interruptor de 3 posiciones	I4
5	Inicio automático	Botón pulsador	I5
6	Arranque motoreductor monofásico 1/2Hp	Sensor de proximidad	I6

**Tabla 2.20 Listado de entradas para el PLC Fab-array**

### 2.5.3.3 Salidas del PLC.

A la salida del PLC los únicos dispositivos conectados al mismo son las bobinas de los contactores para la activación de los motoreductores monofásicos.

En la tabla 2.21 se en lista los dispositivos de salida del PLC.

No.	Función	Dispositivo	Designación
1	Activación del motoreductor monofásico 1/2Hp	Bobina del contactor 1	Q1
2	Activación del motoreductor monofásico 2Hp	Bobina del contactor 2	Q2
3	Activación del motoreductor monofásico 1Hp	Bobina del contactor 3	Q3

**Tabla 2.21 Listado de salidas para el PLC Fab-array**

#### 2.5.3.4 Especificaciones del PLC

Las especificaciones técnicas del PLC Fab-Array modelo AF-10MR-A son las siguientes:

- Alimentación: 110V
- Número de entradas: 6
- Número de salidas: 4

Capacidad de entrada de datos:

- Tensión de entrada: Señal en 0 (0 a 40V), Señal en 1 (79 a 256V)
- Corriente de entrada: Señal en 1 (0,24 mA a 230V)
- Demora de reacción: Cambio de estado 1 a 0/0 a 1 (50 m seg)

Capacidad de salida de datos:

- Tipo de salida: Relé
- Corriente continua: 10 A

- Protección del relé de salida: 20mA tipo B-16
- Consumo de Potencia: 3W
- Software de programación: QUICK II.

#### **2.5.3.5 Programación del PLC**

La programación se lo realiza de una manera muy sencilla ya que se utiliza los diagramas de bloque de funciones, dicha programación la se puede realizar de forma directa usando el panel del PLC o usando una computadora con el software de programación QUICK II (Anexo I1), en el cual se puede simular la operación del programa editado y mostrar la operación claramente.

A continuación se muestra el programa de control del amasado de la melcocha y su corte en porciones realizado con el software QUICK II.

## DIAGRAMA POR BLOQUE DE FUNCIONES

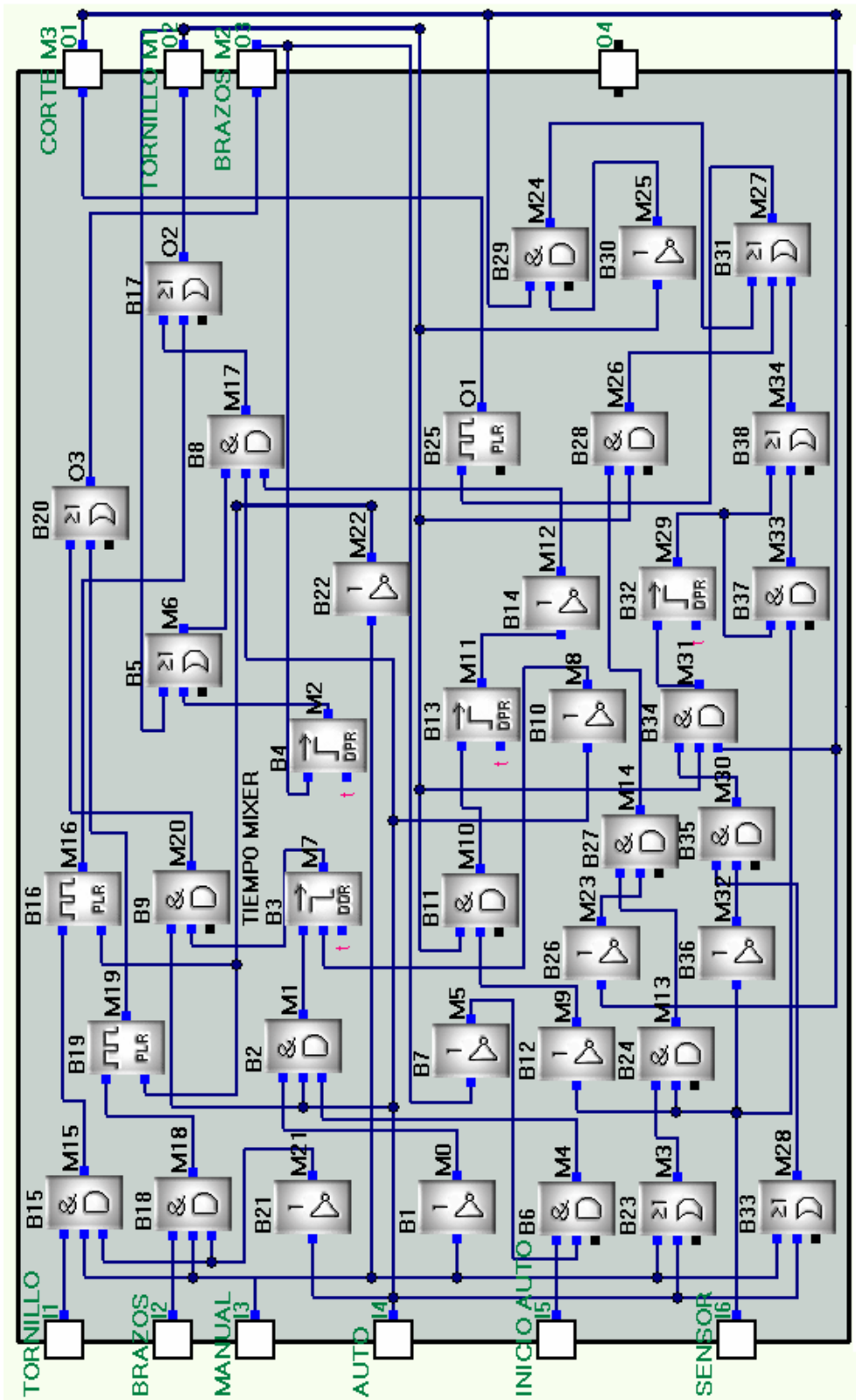


Figura 2.90 Programación del PLC Fab-Array (Software QUICK II)



## **CAPITULO III**

### **CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA**

Este capítulo relaciona la construcción y montaje de todos los elementos que componen el diseño de la máquina tanto en la parte mecánica como la parte eléctrica.

La parte mecánica de la máquina esta compuesta por la etapa de amasado por una parte y por otra la etapa de extrución y corte, tal como se analizó en el capitulo anterior para su diseño y posterior construcción.

La parte eléctrica de la máquina esta compuesta por la etapa de control y fuerza, las cuales trabajan en conjunto pero para efectos de diseño se la dividió en dos partes las cuales ya fueron analizadas y seleccionadas anteriormente.

#### **3.2 Montaje de los Sistemas Mecánicos**

Para el montaje de los sistemas mecánicos de la máquina, se necesita una estructura base (figura 3.1) en la cual se irá colocando una o una las piezas para su correcto funcionamiento.

Esta estructura base está conformada por los siguientes elementos:

1. Estructura de tubo cuadrado 1 1/2 pulg y 1,5 mm de espesor (figura 3.2).
2. Niveladores
3. Base de chumaceras para brazos





**Figura 3.2 Construcción de estructura base en Acero AISI 304**

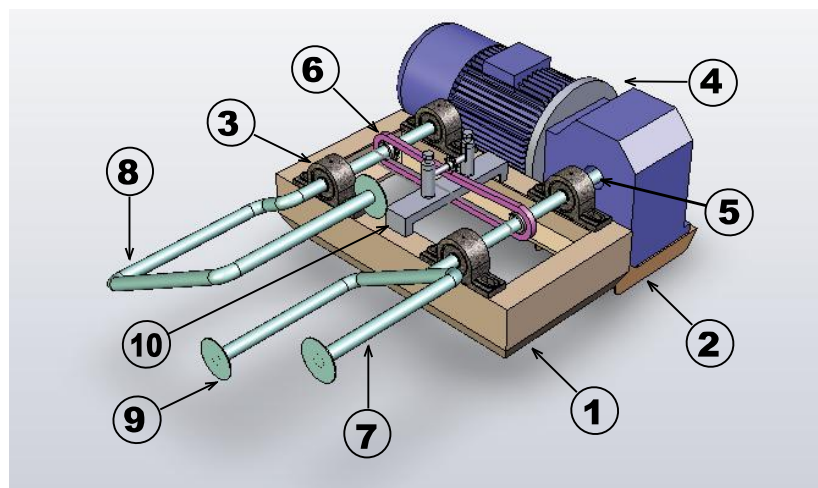
### **3.1.1 Montaje del Mecanismo de Amasado**

Para el sistema de amasado se consideraron varios aspectos en los cuales intervinieron el tipo de transmisión de potencia a utilizar, la selección de los brazos tanto el motriz como el conducido los cuales soportarán una carga nominal de 4 Kg determinada en el capítulo de diseño, etc. Todos estos elementos se analizaron anteriormente lo cual permite la construcción y acople de las partes que conforman dicho sistema.

El conjunto del sistema de amasado esta formado por los elementos que se muestra en la figura 3.3 (a, b), y son las siguientes:

1. Base de chumaceras para brazos
2. Base del motor
3. Chumaceras de piso 1 pulg (4).

4. Motoreductor de 2 Hp,  $i = 47$
5. Acople motor-brazos
6. Piñon – Cadena
7. Brazo motriz
8. Brazo conducido
9. Tope
10. Puente templador



(a)



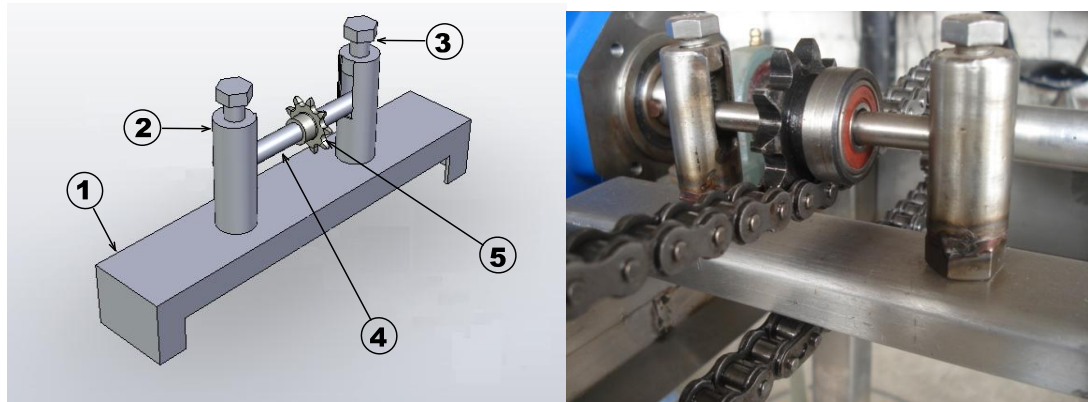
(b)

**Figura 3.3 Sistema del Mecanismo de Amasado**

En este sistema es de mucha importancia el puente templador ( figura 3.4 (a, b)) ya que el mismo ayuda a que entre los piñones de los brazos y la cadena, exista la tensión adecuada para evitar cualquier salto entre dientes y de esta manera garantizar la posición entre los brazos.

El puente templador está formado por:

1. Base
2. Torre templador
3. Tornillo templador de 3/8 pulg.
4. Eje 3/8 pulg.
5. Piñón 40 – Z9



(a)

(b)

**Figura 3.4 Conjunto Puente Templador**

### 3.2.2 Montaje del Mecanismo de Extrusión

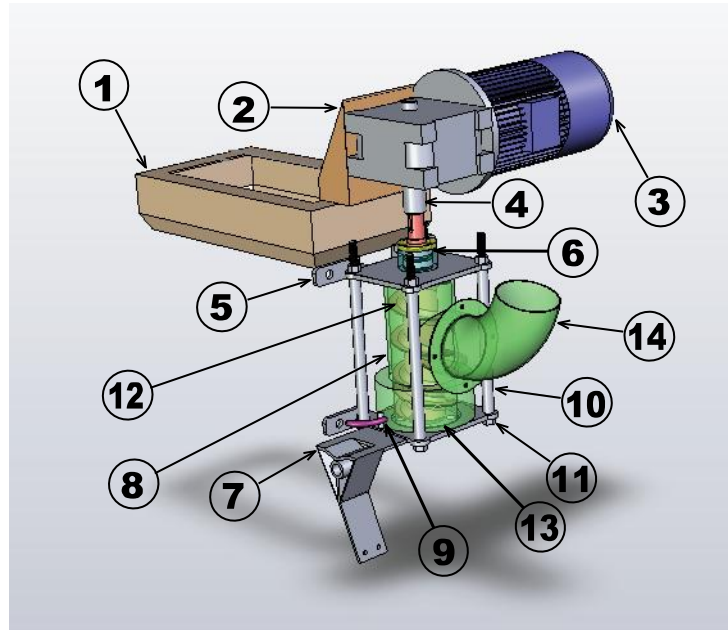
Para este sistema de extrusión al igual que el sistema anterior se tomó en cuenta varios aspectos entre los cuales se tiene: Con respecto a la masa, se tuvo presente el peso, volumen y el estado en que se encuentra la misma (punto caramelo alto, bajo y normal), la fuerza necesaria y el tiempo en que se debe extruir el producto. Con respecto al mecanismo, se tuvo presente el número de pasos que debe tener el tornillo, el tipo de enfriamiento o calentamiento que debe tener la camisa del tronillo para evitar el atoramiento del producto, el número de orificios y forma de salida del producto, etc.

Todos estos elementos se analizaron anteriormente lo cual permite la construcción y acople de las partes que conforman dicho sistema.

El conjunto del sistema de extrusión esta formado por los elementos que se muestra en la figura 3.5 (a, b), y son las siguientes:

1. Base de chumaceras para brazos
2. Base motor de extrusión

3. Motoreductor de 1HP
4. Acople tornillo-motor
5. Placa base superior
6. Manzana eje centro tornillo de extrucción
7. Conjunto placa base inferior
8. Camisa de tornillo de extrucción
9. Camisa de enfriamiento
10. Tubo de medida para centrar
11. Tornillo y tuerca de ajuste para centrar
12. Tornillo de extrucción
13. Tapa base del tornillo de extrucción y salida del producto
14. Tolva de ingreso del producto a extruir



(a)



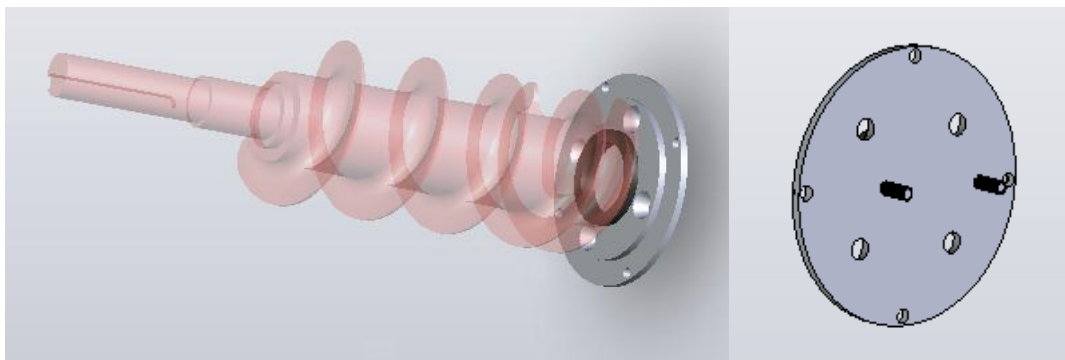
(b)

Figura 3.5 Sistema del Mecanismo de Extrusión



En este sistema es de mucha importancia la tapa base del tornillo de extrusión ya que en el mismo recae la fuerza que ejerce el producto a extruir contra la cara de la misma, sumado a esto también parte del peso de dicho tornillo ya que el mismo se sujeta al motor con el acople que tiene un debido ajuste para que este no resbale y se pose en su totalidad a dicha tapa.

Como en la figura 3.5 (a) no se puede apreciar esta tapa, se muestra en la figura 3.6 tanto la parte interna como la externa.



**Figura 3.6 Tapa base del tornillo de extrusión**

### **3.2.3 Montaje del Mecanismo de Corte en Porciones**

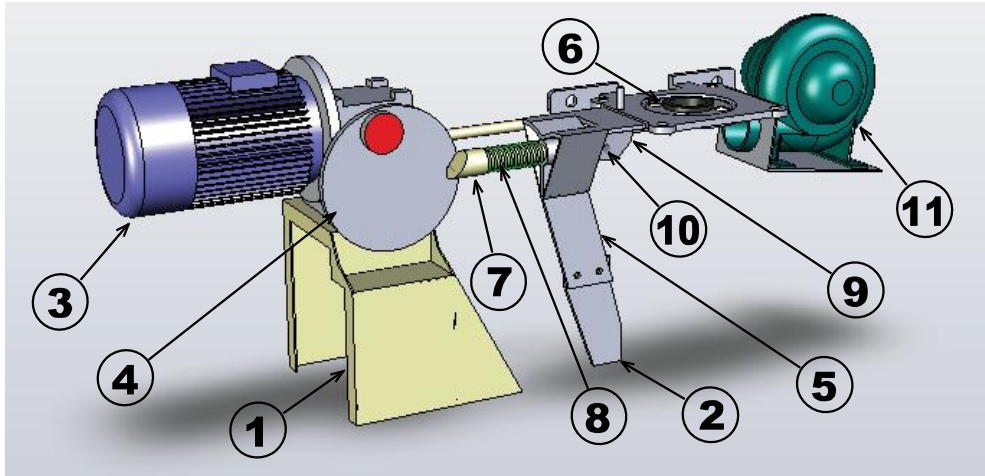
Para el sistema de corte en porciones se tomaron en cuenta ciertos aspectos que se aprecian fácilmente de forma visual al momento que los artesanos realizan el proceso de porcionar el producto previo a su empaque, estos aspectos son la textura y nivel de fragilidad que tiene el producto al momento de realizar un golpe para su corte.

En la parte mecánica de este sistema se tomaron en cuenta datos del sistema anterior como el número de orificios que tiene la tapa base del tornillo de extrusión para el diseño de la cuchilla y el tiempo en salir el producto para el diseño del mecanismo de corte con el debido dimensionamiento del motoreductor.

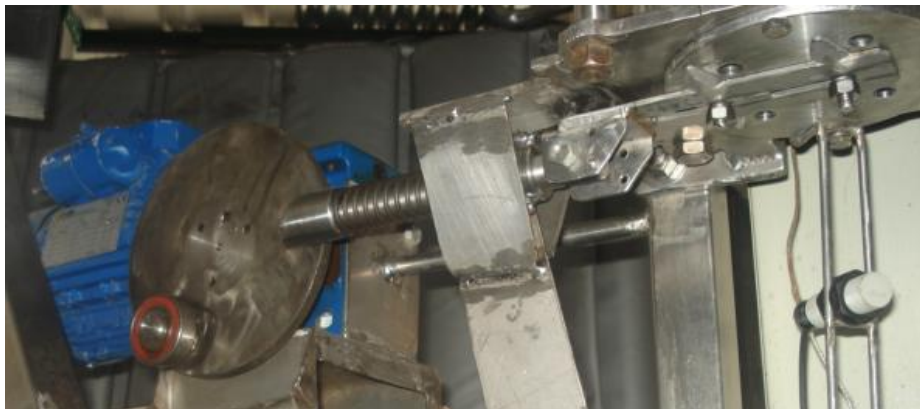
Al tener como referencia estos datos se pudo precisar un sistema de corte en porciones acorde a nuestros requerimientos previo a la experimentación, análisis y diseño del mismo para su debido funcionamiento, lo cual permite la construcción y acople de las partes que conforman dicho sistema.

El conjunto del sistema de corte en porciones esta formado por los elementos que se muestra en la figura 3.7 (a, b), y son las siguientes:

1. Base motor de corte
2. Soporte mecanismo de corte
3. Motorreductor de ½ Hp
4. Volante de impulsión de corte
5. Conjunto placa base inferior
6. Tapa base del tornillo extrusor
7. Eje pasador de impulsión de corte
8. Resorte de retorno
9. Cuchilla
10. Pasador de sujeción de cuchilla
11. Ventilador



(a)

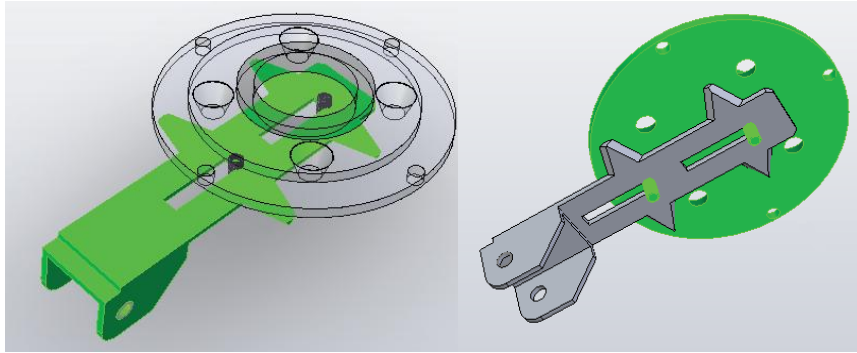


(b)

**Figura 3.7 Sistema del Mecanismo de Corte en Porciones**

Como en la figura 3.7 (a) no se aprecia de forma adecuada la pieza numero 9 que corresponde a la cuchilla, la misma que unida a la tapa base del tornillo de extrusión realizan el corte del producto.

En la figura 3.8 se aprecia de mejor manera la disposición de la cuchilla con la tapa por la cual sale el producto.



**Figura 3.8 Forma y disposición de la cuchilla**

En este sistema de corte en porciones y en el sistema de extrusión se encuentra el conjunto placa base inferior, el cual permite la debida unión de estos dos sistemas para su correcto funcionamiento. Este conjunto en el sistema de extrusión sirve como soporte para la tapa base del tornillo de extrusión y el debido desfogue de producto de la misma, a su vez en el sistema de corte en porciones dicho conjunto sirve como guía para que el mecanismo de corte desplace horizontalmente con un movimiento uniforme la cuchilla, y así optimizar el proceso evitando que el producto choque con la misma.

En la figura 3.9 se enumeran las partes que conforman el conjunto en mención, estos elementos son:

1. Placa base inferior
2. Tope para la camisa de extrusión
3. Soporte guía en Y
4. Base del ventilador

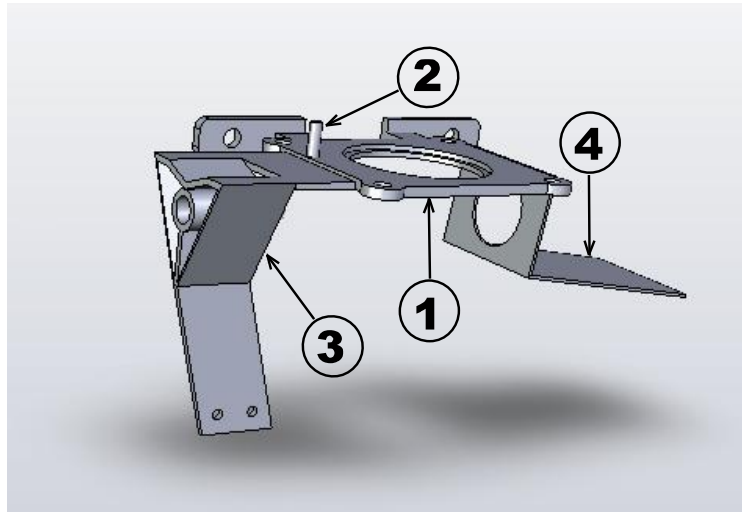


Figura 3.9 Conjunto placa base inferior

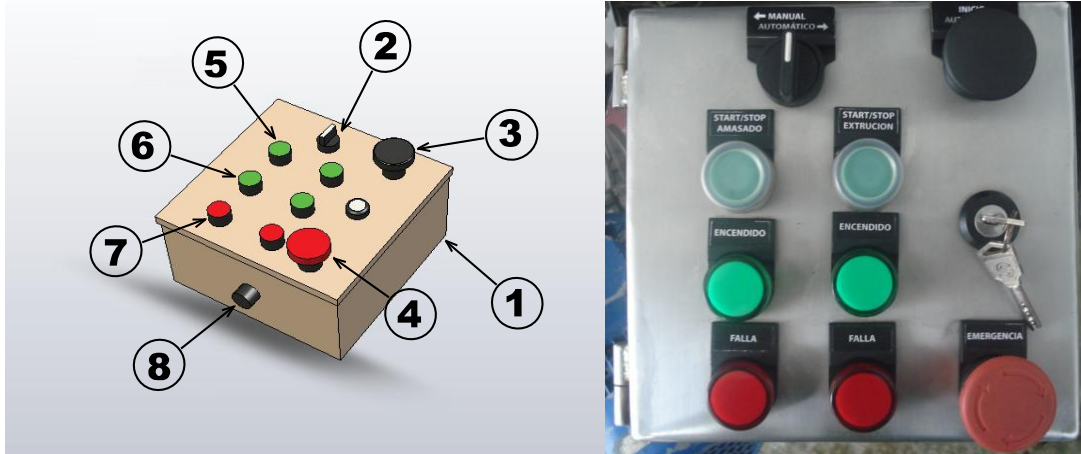
### 3.3 Montaje de los circuitos de control eléctrico

Para el montaje de los elementos que constituyen el circuito de control eléctrico, se analizó previamente en el capítulo anterior todos aquellos dispositivos eléctricos que intervienen para el funcionamiento de la máquina. En la figura 3.10 (a, b), y la figura 3.11 (a, b) se muestra el tablero de mando y tablero de control respectivamente.

El tablero de mando esta formado por:

1. Tablero metálico 20x20x10 mm
2. Selector 3 posiciones
3. Pulsador tipo hongo inicio automático
4. Pulsador tipo hongo paro emergencia
5. Pulsadores Star/Stop para motores
6. Luz piloto verde

7. Luz piloto rojo
8. Sirena



(a)

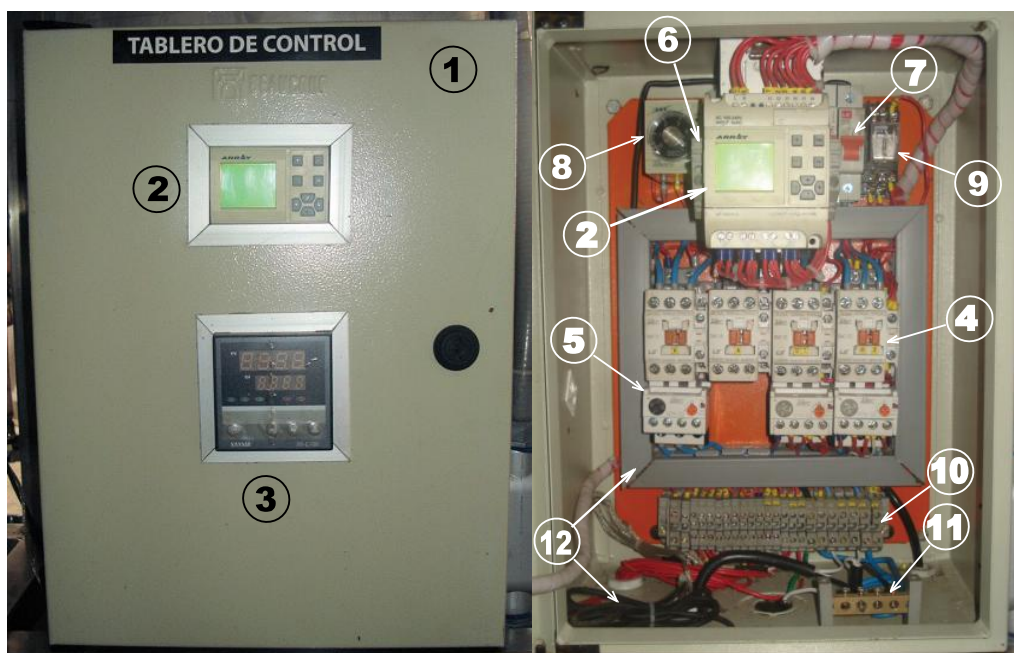
(b)

**Figura 3.10 Componentes del tablero de mando**

El tablero control está formado por:

1. Tablero metálico 30x40x20 mm
2. PLC
3. Controlador de Temperatura
4. Contactores
5. Guarda motores
6. Fusibles
7. Interruptores termomagnéticos
8. Temporizador

- 9. Relé
- 10. Borneras
- 11. Barra de neutro
- 12. Cableado

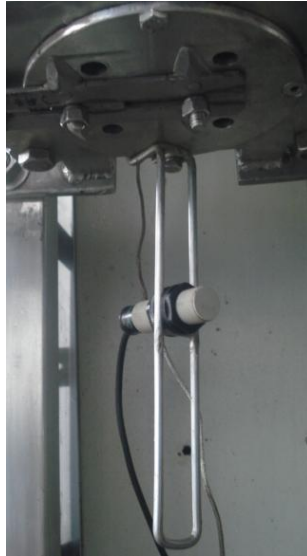


(a)

(b)

**Figura 3.11 Componentes del tablero de control.**

Fuera del tablero de control se encuentra instalado el sensor de proximidad, la termocupla y el interruptor de pedal tal como se muestran en las figuras 3.12, 3.13 y 3.14 respectivamente.



**Figura 3.12 Sensor de proximidad.**



**Figura 3.13 Termocupla tipo J.**



**Figura 3.14 Interruptor de pedal.**



### 3.3 Montaje de las tapas de protección

Las tapas de protección son elementos que cumplen una función importante ya que las mismas evitan que el producto se contamine y además protege de accidentes al operario. Estas tapas aparte de proteger sirven para dar una mejor apariencia y acabado a la máquina ocultando sus mecanismos y elementos eléctricos expuestos.

En la figura 3.15 se muestra la máquina con las tapas de protección y la forma en la cual se ve finalmente construida.



**Figura 3.15 Máquina Ensamblada Construida.**

## **CAPITULO IV**

### **PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO**

En el presente capítulo se describe las pruebas realizadas a la máquina una vez construida. Comprende la fase inicial que consistió en realizar pruebas del desempeño del equipo de su sistema mecánico y de los circuitos de control.

#### **4.3 Pruebas y Resultados del Sistema Mecánico**

##### **4.1.1 Sistema de Amasado**

En este sistema se realizaron pruebas experimentales que son:

- Mecanismo de amasado.
- Posicionamiento de los brazos para la correcta sujeción de masa a los mismos y la optimización del producto amasado.
- Capacidad de amasado

##### **4.1.1.1 Mecanismo de amasado**

Esta prueba experimental se la realizó con el objetivo de analizar la eficiencia del amasado comparando la masa que se levanta de la piedra de enfriamiento (figura 4.1) y la masa en los brazos excéntricos cuando llega al punto en que está totalmente blanca, se comprobó que la masa gana volumen por la oxigenación en el amasado (figura 4.2).



**Figura 4.1 Masa de melcocha en piedra de enfriamiento.**



**Figura 4.2 Masa de melcocha blanca y esponjada.**

Como se puede observar en las figuras anteriores la diferencia en el volumen de la miel de panela derretida y la melcocha es de aproximadamente 2 a 1, es decir, la masa correctamente amasada incrementa su volumen en un 100%.

#### **4.1.1.2 Posicionamiento de los brazos.**

Este factor es muy importante ya que de él depende la homogeneización en el amasado. Esto se lo realizó en forma cualitativa ya que resulta muy fácil observar en que ángulo el producto se adhiere mejor a los brazos y empieza a tener un amasado homogéneo.

En las figuras 4.3 y 4.4 se muestran el ángulo de los brazos a  $0^\circ$  y  $180^\circ$  respectivamente. El ángulo de posición de los brazos más óptimo a utilizar es el de  $180^\circ$  ya que en esa posición existe mejor agarre o sujeción de la masa, lo cual no ocurre con la posición a  $0^\circ$ .



**Figura 4.3 Brazos con ángulo de 0°.**



**Figura 4.4 Brazos con ángulo de 180°.**

Para la descarga del producto tal como se muestra en la figura 4.5 y 4.6, la posición de los brazos tiene un ángulo de 90° y 270° respectivamente. En este caso cualquiera de las 2 posiciones es adecuada ya que la suspensión de la masa ayuda en la descarga por efecto de la gravedad.



**Figura 4.5 Brazos con ángulo de 90°**



**Figura 4.6 Brazos con ángulo de 270°**

#### **4.1.1.3 Capacidad de Amasado.**

Se comprobó la capacidad de amasado de la máquina el cual es de 4 kg, ya que este peso es el óptimo y en el cual al momento del amasado gana volumen sin desbordar los brazos. La acumulación de producto residual en los brazos es mínima cuando se amasa la cantidad establecida.

Al amasar cantidades menores a lo establecido se comprobó que no existe uniformidad en el amasado y la acumulación de producto residual en los brazos es mayor.

También se comprobó que al amasar cantidades mayores a lo establecido existe desbordamiento de producto al ganar volumen en el amasado pero existe una mínima acumulación de producto residual en los brazos.

#### **4.1.2 Sistema de Extrusión y Corte**

En este sistema se probó la masa de melcocha blanqueada en distintas condiciones, dando como resultado lo siguiente:

- Masa blanqueada sin reposo
- Masa blanqueada con reposo

##### **4.1.2.1 Masa blanqueada sin reposo**

En esta condición la masa no se adhiere al tornillo extrusor y mantiene su temperatura de amasado la cual es maleable, es decir, puede ser transportada y extruida sin solidificarse drásticamente.

Dicha masa al friccionar con la camisa del tornillo eleva la temperatura de la misma, entonces al final de la extrusión se necesita bajar la temperatura para que a la salida el producto se cristalice y así proceder a realizar el corte en porciones.

Bajo esta condición se define el proceso de corte en los siguientes pasos.

1. Alimentación de la masa de melcocha blanqueada al extrusor (figura 4.7).



**Figura 4.7 Alimentación de la masa de melcocha**

2. Salida de la melcocha extrudida en forma de palillos (figura 4.8).



**Figura 4.8 Salida de los palillos de melcocha.**

3. La presencia de la melcocha activa el sensor capacitivo el cual activa el motor de la cuchilla para iniciar el corte en porciones (figura 4.9).



**Figura 4.9 Corte en porciones.**

4. Finalmente el producto terminado se colecta en una bandeja ubicada en la parte inferior del sistema de corte (Figura 4.10).



**Figura 4.10 Melcocha cortada en porciones**

#### **4.1.2.2 Masa blanqueada con reposo**

En esta condición la masa al igual que la anterior no se adhiere al tornillo extrusor, pero varía su temperatura de amasado la cual ya no es tan maleable, es decir, puede ser transportada y extrudida con dificultad tendiendo a solidificarse drásticamente.

Por la razón antes mencionada no se tiene producto a la salida y por ende no se realiza el corte en porciones.

## **4.2 Pruebas y Resultados de los Circuitos de Control**

En el circuito de control se tiene dos tipos de mandos que son: manual y automático, los mismos que funcionan independientemente el uno del otro, y son accionados mediante un selector que indica su estado.

#### **4.2.1 Mando Manual**

El accionamiento y apagado de los motores es individual y sin restricción de tiempo.

Para el caso de los motores, tanto el de amasado como el de extrusión, el encendido y apagado de los mismos lo realiza el pulsador correspondiente a cada uno de ellos.

Cuando los motores están encendidos y funcionando correctamente la luz piloto de color verde se mantiene encendida, pero cuando existe falla y se acciona la protección la luz piloto de color rojo se encenderá.

#### **4.2.2 Mando Automático**

En el mando automático se comprobó que el funcionamiento de la máquina esta comandada por un solo pulsado, el cual da la señal de inicio de la secuencia de encendido de los motores para así cumplir con el proceso.

La configuración de las luces piloto es la misma que la del mando manual.

Para los dos tipos de accionamiento se comprobó que el funcionamiento del motor de corte esta comandada por el sensor de proximidad, el cual da la señal al motor al sensar el paso de la melcocha, mientras exista presencia de producto el motor de corte seguirá funcionando, caso contrario luego de un tiempo este se apagará, para el control manual de este motor se cuenta con un interruptor de pedal el cual cumple la función de realizar movimientos de prueba de la cuchilla sin depender del sensor y de posicionar el volante que acciona el eje seguidor para inicio del proceso.



### **4.3 Resultados de producción**

Para el análisis de resultados de producción se determinan los tiempos y capacidad de producción trabajando artesanalmente.

#### **4.3.1 Tiempos de fabricación en forma artesanal.**

Para definir los tiempos de fabricación artesanal se divide el proceso en 3 etapas de acuerdo al proceso descrito en la primera unidad sección 1.5, y se toma como referencia una parada de 4 Kg.:

1. Blanqueado.
2. Amasado.
3. Corte.

Determinándose los siguientes tiempos promedio.

Blanqueado: 2.8 min. (A la masa total de 4 Kg.)

Luego se divide la masa en porciones de 1 Kg., para facilitar el amasado y corte.

Amasado: 6.22 min. \* 4 = 24.88 min.

Corte: 6.35 min. \* 4 = 25.40 min.

De esta manera se determina un tiempo total del proceso artesanal.

$$T = 53.08 \text{ min.}$$

De acuerdo con este resultado se determina que la capacidad de producción en el método artesanal es de:

$$P = 4.52 \text{ Kg/h}$$

La presentación del producto terminado son palillos de melcocha con valores promedio de 15 cm de longitud por 1 cm de diámetro y un peso 13 gramos como se indica en la figura 4.11.



**Figura 4.11 Muestra de melcocha procesada artesanalmente**

Con estos datos se determina la cantidad de producto que se puede procesar en 1 hora y en 8 horas que equivale a un día de trabajo como se indica en la tabla 4.1.

<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cantidad (Unidades)</b>	<b>Peso (Kg.)</b>
1	348	4.52
8	2784	36.16

**Tabla 4.1 Estimación de producto procesado artesanalmente**

#### **4.3.1.1 Costos de producción artesanal.**

Para el análisis de costos se considera 8 horas de trabajo, es decir, un día laborable. El detalle de los costos de producción se presenta en la tabla 4.2, dividiéndolos en costos fijos y variables.

Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Total
<b>Costos Variables</b>	Panela	Kg.	36.16	0.7	25.31
	Jugo de Limón	Lts.	2.5	1.00	2.50
	Gas	Unidad	0.5	2.25	1.13
	Envolturas	Unidad	2784	0.002	5.57
	Fundas plásticas	Unidad	278	0.02	5.56
	<b>TOTAL:</b>				
<b>Costos Fijos</b>	Mano de obra	Unidad	5	10	50
	Otros	Unidad	1	1.20	1.20
	<b>TOTAL:</b>				

**Tabla 4.2 Detalle de los costos de producción artesanal**

Ahora se determina cuál es el costo de producción por unidad de melcocha, dividiendo los costos variables de \$40.07 para la producción diaria de 2784 unidades obteniendo como resultado.

\$0.014 c/unidad

El precio de venta al distribuidor es de \$0.04, al cual se llama volumen de negocios por unidad, con este dato se va a determinar el margen de los beneficios de la siguiente manera.

Margen de beneficios por unidad = Volumen de negocios por unidad – Gastos variables por unidad.

Entonces,

Margen de beneficios por unidad = \$0.026

El margen de los beneficios por unidad permite saber cuánto son los gastos variables para cada melcocha y así ver que cada melcocha debe proporcionar \$0.026 de volumen de negocios para el fabricante con el fin de pagar los gastos fijos de \$51.20 por día. Cuando este valor de \$51.20 de gastos fijos diarios es

pagado, entonces el fabricante hará un beneficio de \$0.026 por cada unidad de melcocha.

#### **4.3.1.2 Punto de equilibrio financiero por unidad**

El punto de equilibrio financiero por unidades es el número de melcochas que el negocio necesita producir para cubrir sus gastos fijos y variables. La fórmula del punto de equilibrio financiero consiste en dividir el monto total de los gastos fijos por el margen de los beneficios por unidad o melcocha:

Punto de equilibrio financiero por unidad por día = Costos fijos por día / margen de beneficios por melcocha.

Punto de equilibrio financiero = \$51.20 por día / \$0.026 por melcocha.

Punto de equilibrio financiero = 1969 melcochas por día.

Finalmente, con el cálculo del punto de equilibrio financiero, pueden ahora saber cuánto beneficio desea obtener el negocio y calcular cuántas melcochas se debe fabricar para llegar a ese objetivo, bajo este concepto se calcula el beneficio en función de la capacidad de producción diaria que es de 2784 unidades, entonces el beneficio en unidades de melcocha será expresado de la siguiente manera.

Beneficio en unidades de melcocha = producción diaria – punto de equilibrio financiero.

Beneficio en unidades de melcocha = 815 unidades de melcocha por día.

Este beneficio expresado en dólares es:

Beneficio en dólares = \$21.19 por día.

### 4.3.2 Tiempos de fabricación automatizada

Tomando en cuenta las etapas definidas en el proceso manual, las etapas de blanqueado y amasado en el proceso automatizado se realizan en un solo paso y sin la necesidad de dividir la masa, pero ahora se tiene los tiempos de carga y descarga del producto y tiempos entre paradas, como se planteo en el capítulo dos sección 2.1, obteniendo los siguientes tiempos promedio para procesar una masa total de 4 Kg.

Carga del producto: 2 min.

Blanqueado y amasado: 8 min.

Descarga del producto: 2 min.

Corte: 8 min.

De esta manera se determina un tiempo total del proceso automatizado.

$$T = 20 \text{ min.}$$

De acuerdo con este resultado se determina que la capacidad de producción con la máquina es de:

$$P = 12 \text{ Kg/h}$$

La presentación del producto terminado son palillos de melcocha con valores promedio de 5 cm de longitud por 1 cm de diámetro y un peso 4 gramos, se propone esta nueva presentación con el fin de brindar otra alternativa que nos diferencie de los fabricados artesanalmente, como se muestra en la figura 4.12.



**Figura 4.12 Muestra de melcocha de proceso automático**

Con estos datos se determina la cantidad de producto que puede ser procesado en 1 hora y en 8 horas que equivale a un día de trabajo como se indica en la tabla 4.3.

<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cantidad (Unidades)</b>	<b>Peso (Kg.)</b>
1	3000	12
8	24000	96

**Tabla 4.3 Estimación de producto procesado con la máquina**

Sin embargo, se debe tomar en cuenta la probabilidad de que el proceso no se realice en tiempos constantes y al remanente de producto que quedará en la máquina. Por ello para tener una estimación tomando en consideración las posibles inconsistencias de tiempos y producto remanente, se realizaron los cálculos suponiendo una eficiencia del 92% con respecto a las cantidades mostradas en la tabla 4.3, esta estimación se muestra en la tabla 4.4.

<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cantidad (Unidades)</b>	<b>Peso (Kg.)</b>
1	2760	11.04
8	22080	88.32

**Tabla 4.4 Estimación de producto procesado con eficiencia del 92%**

#### 4.3.2.1 Costos de producción automática

Para el análisis de costos del proceso con la máquina también se va a considerar 8 horas de trabajo. El detalle de los costos de producción se diferencian al análisis del proceso artesanal en la utilización de energía eléctrica y en la capacidad de producción por día que ahora es de 88.32 Kg., variando las proporciones de los elementos utilizados como se presenta en la tabla 4.5.

Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Total
<b>Costos Variables</b>	Panela	Kg.	88.32	0.7	61.80
	Jugo de Limón	Lts.	6.1	1.00	6.10
	Gas	Unidad	1.22	2.25	2.74
	Envolturas	Unidad	22080	0.001	22.08
	Fundas plásticas	Unidad	736	0.02	14.72
	<b>TOTAL:</b>				
<b>Costos Fijos</b>	Mano de obra	Unidad	5	10	50
	Energía eléctrica	Kw-h	20.8	0.12	2.50
	Otros	Unidad	1	1.20	1.20
	<b>TOTAL:</b>				

**Tabla 4.5 Detalle de los costos de producción automática**

Ahora se determina cuál es el costo de producción por unidad de melcocha, dividiendo los costos variables de \$108.16 para la producción diaria de 22080 unidades obteniendo como resultado.

\$0.005 c/unidad

El precio de venta al distribuidor es de \$0.01, al cual se lo llama volumen de negocios por unidad, con este dato se determina el margen de los beneficios.

Margen de beneficios por unidad = \$0.005

#### 4.3.2.2 Punto de equilibrio financiero por unidad

El punto de equilibrio financiero por unidades es el número de melcochas que la máquina necesita producir para cubrir los gastos fijos y variables del negocio:

Punto de equilibrio financiero = \$53.70 por día / \$0.005 por melcocha.

Punto de equilibrio financiero = 10740 melcochas por día.

Finalmente, con el cálculo del punto de equilibrio financiero, pueden ahora saber cuánto beneficio obtendrá el negocio, bajo este concepto se calcula el beneficio en función de la capacidad de producción diaria que es de 22080 unidades, el beneficio en unidades de melcocha se muestra a continuación.

Beneficio en unidades de melcocha = 11340 unidades de melcocha por día.

Beneficio en dólares = \$56.70 por día.

#### 4.4 Recuperación de la inversión.

Para el cálculo de la recuperación de la inversión se parte de la definición del costo inicial de la máquina que se detalla a continuación en la tabla 4.6.

Descripción	Costo
Estructura y mecanismos	\$3000
Motorreductores	\$1280
Sistema Eléctrico	\$800
Otros	\$220
Costos de ingeniería	\$1590
<b>TOTAL:</b>	<b>\$6890</b>

**Tabla 4.6 Costo inicial de la máquina**



El costo de los materiales es de \$5300 más el costo de ingeniería de un 30 por ciento del costo es de \$1590, arrojando un total de \$6890. Tomando en cuenta que el beneficio por día de la producción de la máquina es de \$56.70.

Para el cálculo del tiempo estimado de recuperación de la inversión se utiliza la siguiente ecuación.

$$I = A (1+i)^{-n}$$

Donde,

Numero de periodos de recuperación de la inversión (n) =?

Inversión (I) = \$6890

Utilidad mensual (A) = \$56,70 \* 20 días = \$1134 por mes

Tasa de interés (i) = 10% anual / 12 meses = 0.83% mensual

Entonces; n = 6 meses

Obteniendo como resultado el número de periodos o el tiempo de recuperación de la inversión es de 6 meses, considerando un trabajo de 5 días a la semana en jornadas de 8 horas diarias.

Finalmente se realiza una comparación entre la rentabilidad diaria artesanal y con la máquina, obteniendo como resultado.

<b>Beneficio diario artesanal</b>	<b>Beneficio diario con la máquina</b>	<b>Diferencia de utilidad</b>	<b>Incremento de productividad</b>
\$21.19	\$56,70	\$35.51	267%

**Tabla 4.7 Porcentaje de incremento del beneficio diario**

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Se elaboró un equipo que amase y corte melcocha en forma automática.
- Se efectuó el estudio de muestras para determinar los tiempos adecuados para obtener un producto amasado eficientemente.
- Se analizó las diferentes alternativas de construcción de la máquina tanto en la fase de amasado como en la fase de extrusión y corte, teniendo como mejor resultado la máquina tipo de este proyecto.
- Se analizó las diferentes alternativas de control de temperatura para el debido manejo de la masa de melcocha, teniendo como mejor resultado el sistema implementado.
- Se analizó el producto final obteniendo como resultado la completa oxigenación y por ende el debido blanqueamiento de la masa.
- Se realizó la programación del PLC con el lenguaje por bloques de funciones para la automatización.
- Se diseño, seleccionó y construyo la máquina propuesta.

## 5.2 RECOMENDACIONES.

- Trabajar en un ambiente limpio y ventilado, para mejorar el amasado, blanqueado y corte en porciones del producto.
- Antes de poner en marcha la máquina verificar la correcta posición y ajuste de las piezas, se recomienda colocar en mando manual y hacer pruebas en vacío de cada uno de los mecanismos para asegurar su correcto funcionamiento.
- Al final de cada jornada de trabajo realizar la limpieza de la máquina, principalmente los brazos amasadores y el tornillo sinfín.
- Automatizar la máquina de manera que el descargue de masa de los brazos y el suministro al tornillo ya no sean realizados manualmente. Con la finalidad de hacerle al proceso mas eficiente y así que el producto tenga menos contacto con el operario.
- Implementar una electroválvula para tener un mejor ingreso del agua a la camisa de enfriamiento junto con el controlador de temperatura. Con la finalidad de optimizar el trabajo de dicho controlador.
- Para obtener un producto de calidad utilizar panelas bien elaboradas libres de impurezas y trabajar con accesorios aptos para manejo de alimentos.
- Por ser el primer prototipo el costo fue elevado, ya con la experiencia de las pruebas realizadas a la máquina se pueden ajustar algunas dimensiones sin afectar su buen funcionamiento para abaratar el costo de construcción.

## BIBLIOGRAFIA

- SHIGLEY J. E., Diseño en ingeniería mecánica, 5ª Edición, Mc. Graw Hill, México, 1995.
- SHIGLEY J. E., Teoría de máquinas y mecanismos, Mc. Graw Hill, México, 1988.
- MOTT R. L., Resistencia de materiales aplicada, 3ª Edición, Prentice-hall, México, 1996.
- MOTT R. L., Diseño de elementos de máquinas, 2ª Edición, Prentice-hall, México, 1995.
- NORTON ROBERT, Diseño de máquinas, 2ª Edición, Barcelona, España, 1950.
- FITZGERALD R. W., Mecánica de materiales, Edición revisada, Alfaomega, México, 1990.
- INEN, Código de dibujo técnico mecánico, Quito, 1981.
- SEQUIN C.A., Multi relé programable ARRAY LOGIC, 2003.
- MARTIN SPROCKET & GEAR, INC, Catálogo 1090, México, 1995.

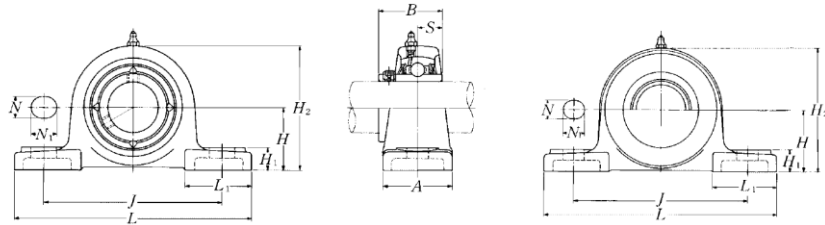
# **ANEXOS**

## A1 - CARACTERÍSTICAS DE LA CHUMACERA

### UCP2

NTN

**Pillow blocks cast housing  
Set screw type**



**Pressed steel dust cover type**  
Open end: **S-UCP...D1**  
Closed end: **SM-UCP...D1**

Shaft dia. mm inch	Unit number <sup>1)</sup>	Nominal dimensions											Bolt size mm inch	Bearing number
		mm												
		inch.												
		H	L	J	A	N	N <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	B	S		
12	<b>UCP201D1</b>	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC201D1
1/2	<b>UCP201-008D1</b>	1#16	5	3#4	1 1/2	1/2	5/8	(1/16)	2#1/16	1#1/32	1.2205	0.500	#8	UC201-008D1
15	<b>UCP202D1</b>	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC202D1
(1/16)	<b>UCP202-009D1</b>	1#16	5	3#4	1 1/2	1/2	5/8	(1/16)	2#1/16	1#1/32	1.2205	0.500	#8	UC202-009D1
3/8	<b>UCP202-010D1</b>													UC202-010D1
17	<b>UCP203D1</b>	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC203D1
1 1/16	<b>UCP203-011D1</b>	1#16	5	3#4	1 1/2	1/2	5/8	(1/16)	2#1/16	1#1/32	1.2205	0.500	#8	UC203-011D1
20	<b>UCP204D1</b>	33.3	127	95	38	13	16	14	65	42	31	12.7	M10	UC204D1
#4	<b>UCP204-012D1</b>	1#16	5	3#4	1 1/2	1/2	5/8	(1/16)	2(1/16)	1#1/32	1.2205	0.500	#8	UC204-012D1
25	<b>UCP205D1</b>	36.5	140	105	38	13	16	15	71	42	34.1	14.3	M10	UC205D1
1#16	<b>UCP205-013D1</b>												#8	UC205-013D1
3/8	<b>UCP205-014D1</b>	1#16	5 1/2	4 1/8	1 1/2	1/2	5/8	1(1/32)	2#1/32	1#1/32	1.3425	0.563	#8	UC205-014D1
1#16	<b>UCP205-015D1</b>													UC205-015D1
<b>1</b>	<b>UCP205-100D1</b>													<b>UC205-100D1</b>
30	<b>UCP206D1</b>	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14	UC206D1
1 1/16	<b>UCP206-101D1</b>													UC206-101D1
1 1/8	<b>UCP206-102D1</b>	1 1/16	6 1/2	4#4	1 3/8	3/4	1 1/2	1 1/2	3(1/32)	2 1/8	1.5000	0.626	1/2	UC206-102D1
1#16	<b>UCP206-103D1</b>													UC206-103D1
1 1/4	<b>UCP206-104D1</b>													UC206-104D1
35	<b>UCP207D1</b>	47.6	167	127	48	17	20	18	93	54	42.9	17.5	M14	UC207D1
1 1/4	<b>UCP207-104D1</b>													UC207-104D1
1#16	<b>UCP207-105D1</b>	1 3/8	6(1/16)	5	1 3/8	3/4	1 1/2	1 1/2	3#1/32	2 1/8	1.6890	0.689	1/2	UC207-105D1
1#8	<b>UCP207-106D1</b>													UC207-106D1
1#16	<b>UCP207-107D1</b>													UC207-107D1
40	<b>UCP208D1</b>	49.2	184	137	54	17	20	18	98	52	49.2	19	M14	UC208D1
1 1/2	<b>UCP208-108D1</b>	1 1/16	7 1/4	5 1/8	2 1/8	3/4	1 1/2	1 1/2	3#1/32	2 1/16	1.9370	0.748	1/2	UC208-108D1
1(1/16)	<b>UCP208-109D1</b>													UC208-109D1
45	<b>UCP209D1</b>	54	190	146	54	17	20	20	106	60	49.2	19	M14	UC209D1
1#8	<b>UCP209-110D1</b>													UC209-110D1
1 1/16	<b>UCP209-111D1</b>	2 1/8	7 1/8	5#4	2 1/8	3/4	1 1/2	1 1/2	4#1/16	2#8	1.9370	0.748	1/2	UC209-111D1
1#4	<b>UCP209-112D1</b>													UC209-112D1

Remarks: 1) These numbers indicate relubricatable type. If maintenance free type is needed, please order without suffix "D1".  
Note: Please refer to page 25 for size of grease fitting.

Referencia: Catalogo N°. 2400-VI/E NTN Bearing Unit, pág. 46

## ANEXO B

### B1 - DIMENSIONES DE CADENAS DE RODILLOS ESTÁNDARES

NÚMERO DE CADENA ANSI	PASO, in (mm)	ANCHO in (mm)	RESISTENCIA MÍNIMA A LA TENSIÓN lb (N)	PESO MEDIO lb/ft (N/m)	DIÁMETRO DE RODILLO in (mm)	ESPACIAMIENTO DE TORONES in (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 <sup>1/2</sup> (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Fuente: Recopilado de ANSI B29.1-1975

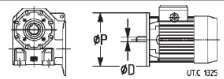
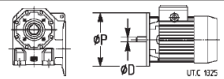
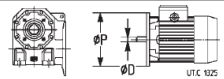
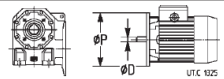
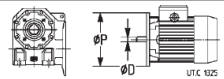
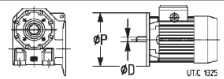
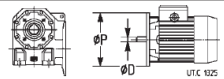
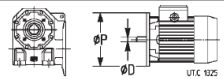
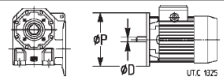
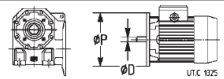
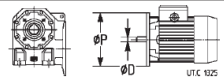
Referencia: UTN-FRBB Cátedra: Elementos de Máquinas. Profesor: Dr. Ing. Marcelo Tulio Piovan, pág. 22

## ANEXO C

### C1 - TABLA DE SELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR 1.5 KW

9 - Programa de fabricación

9 - Programme de fabrication

P <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2max</sub>	F <sub>r2</sub>	i	fs		Masa Masse																																			
									HF kg	FO kg																																		
1,1	30,1 38,2 47,2 59 74,5 91,3	0,8 0,83 0,86 0,88 0,93 0,94	255 208 174 143 119 99	286 324 334 326 305 314	4 250 4 250 4 000 3 550 3 350 2 800	47 37 30 24 19 15,5	0,71 0,95 1,18 1,4 1,6 1,9		19 x 200	23	26																																	
												59 74,5 91,3 118 170	0,87 0,92 0,93 0,95 0,98	141 118 98 77 55	173 167 172 153 141	2 240 2 120 2 000 1 900 1 500	24 19 15,5 12 8,33	0,75 0,9 1 1,18 1,5		14 x 105	18	21																						
																							184 238 343	0,96 0,97 0,99	49,8 39 27,7	136 123 113	1 700 1 400 1 120	15,5 12 8,33	1,5 1,9 2,24		14 x 105	15,5	19,5											
																																		12,4 15,6 19,3 24,5 30,2	1,03 1,08 1,12 1,15 1,19	793 662 558 450 375	800 1078 1123 1326 1252	7 500 7 500 7 500 7 500 7 500	73 58 47 37 30	0,75 1 1,25 1,7 2,12		24 x 200	47	53
	19,5 24,6 30,3 38,5 47,5 60,6	1,08 1,12 1,16 1,19 1,22 1,28	526 437 366 295 245 202	792 973 981 1164 1103 949	7 500 7 500 7 500 7 500 7 100 6 700	73 58 47 37 30 23,5	1 1,4 1,7 2,24 2,8 2,8		24 x 200	44	50																																	
												24,5 30,2 38,5 47,6 58,4	1,13 1,16 1,24 1,26 1,28	440 368 307 252 209	701 686 596 680 646	6 500 6 300 6 000 5 300 4 500	37 30 23,5 19 15,5	0,95 1,12 1,25 1,5 1,9		24 x 200	37	43																						
																							24,6 30,3 38,5 47,5 60,6 75 91,9 119 171 185	1,1 1,14 1,17 1,2 1,27 1,28 1,3 1,3 1,36	426 358 289 241 199 163 135 104 75	525 545 628 612 531 594 576 580 495	6 000 6 300 6 600 5 300 4 500 4 000 3 750 3 550 3 150	58 47 37 30 23,5 19 15,5 11,7 8,25	0,75 0,95 1,25 1,5 1,7 2 2,5 3,15 4		24 x 200	35	40											
																																		37,7 38,5 47,5 59,4 75 91,9 119 171 185	1,17 1,14 1,17 1,2 1,27 1,28 1,3 1,34 1,32	295 282 236 193 161 134 105 75 68	356 324 334 326 305 314 281 258 248	3 550 3 550 3 550 3 550 3 350 2 800 2 500 2 000 2 240	24 24 30 24 19 15,5 12 8,33 15,5	0,8 0,71 0,9 1,06 1,18 1,4 1,6 2 2		19 x 200	28	34
	16,4 20,2 25,7 31,7 19,4 24,4 30,1 38,2 47,2 60,2 74,5	1,33 1,39 1,42 1,46 1,33 1,39 1,43 1,47 1,51 1,58 1,6	778 655 529 441 654 543 455 367 305 251 206	1078 1123 1326 1252 792 973 981 1164 1103 949 1109	7 500 7 500 7 500 7 500 7 100 7 500 7 500 7 500 6 700 6 300 6 000	58 47 37 30 30 58 47 37 30 23,5 19	0,85 1,06 1,5 1,8 2,24 0,85 1,12 1,32 1,8 2,24 2,36 3		28 x 250	57	63																																	
												25,7 31,7 40,4 50 61,3 81,4 115	1,39 1,43 1,53 1,55 1,58 1,62 1,66	517 433 361 297 246 190 137	701 686 596 680 646 681 581	6 000 5 600 5 600 4 750 4 750 3 550 3 150	37 30 23,5 19 15,5 11,7 8,25	0,8 0,95 1,06 1,32 1,6 2,12 2,5		24 x 200	46	52																						

\* Si, en servicio continuo, la temperatura ambiente es > 30 °C o el funcionamiento es a plena potencia, verificar la potencia térmica.  
 \*\* Verificar la potencia térmica.  
 \* Potencia o relación potencia-tamaño motor no normalizada.

\* Si, en cas de service continu, la température ambiante est > 30 °C ou le fonctionnement est en pleine puissance, vérifier la puissance thermique.  
 \*\* Vérifier la puissance thermique.  
 \* Puissance ou correspondance puissance-grandeur moteur pas normalisée.



## C2 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MOTORREDUCTOR 0.75 KW

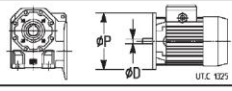
MRS-MRT (1400 min <sup>-1</sup> )						VARVEL - RS & RT					
						TABLE DE SELECTION TABELA DE SELEÇÃO TABLA DE SELECCION					
0,55 kW	min <sup>-1</sup>	i =	Nm	SF	kg	1,1 kW	min <sup>-1</sup>	i =	Nm	SF	kg
MRS-MRT 50	93	15	44	1,7	12	MRS-MRT 60	200	7	45	2,5	19
MRS-MRT 50	70	20	57	1,1	12	MRS-MRT 60	140	10	63	2,1	19
MRS-MRT 50	50	28	75	1,1	12	MRS-MRT 60	93	15	91	1,4	19
MRS-MRT 60	35	40	99	1,4	15	MRS-MRT 60	70	20	116	1,1	19
MRA-MTA 80/60	32	44	130	1,7	19	MRS-MRT 70	50	28	158	1,4	21
MRS-MRT 60	29	49	114	1,1	15	MRS-MRT 70	35	40	213	1,1	21
MRS-MRT 60	25	56	126	1,0	15	MRA-MTA 80/70	32	44	264	1,1	25
MRA-MTA 80/60	22	63	177	1,2	19	MRS-MRT 85	29	49	246	1,3	26
MRS-MRT 70	20	70	155	1,1	18	MRS-MRT 85	25	56	286	1,1	26
MRS-MRT 70	18	80	168	1,0	18	MRA-MTA 80/85	22	63	364	1,4	30
MRA-MTA 80/60	15	95	249	1,0	19	MRS-MRT 110	20	70	352	1,8	48
MRS-MRT 85	14	100	210	1,0	22	MRS-MRT 110	18	80	396	1,3	48
MRA-MTA 80/70	11	126	321	1,1	22	MRA-MTA 80/85	15	95	513	1,0	30
MRA-MTA 80/85	8,0	176	396	1,3	26	MRS-MRT 110	14	100	458	1,0	48
MRA-MTA 80/85	5,5	252	520	1,0	26	MRA-MTA 80/110	11	126	671	1,6	52
MRA-MTA 8 0/110	4,6	309	614	1,8	49	MRA-MTA 80/110	8,0	176	832	1,4	52
MRA-MTA 80/110	4,0	353	689	1,4	49	MRA-MTA 80/110	5,5	252	1078	1,0	52
MRS-MRT 50 / 110	3,3	420	756	1,1	49	MRA-MTA 80/110	4,6	309	1229	0,9	52
MRA-MTA 80/110	3,2	441	794	1,2	49	MRA 110/130	3,5	400	1681	1,0	94
MRA-MTA 80/110	2,8	504	851	0,9	49	MRS-MRT 60 / 130	3,3	420	1576	1,3	69
MRS-MRT 50 / 110	2,5	570	962	1,3	49	MRA 110/150	3,0	448	1916	1,3	99
MRS-MRT 50 / 110	1,8	784	1235	1,5	49	MRA 110/150	2,5	560	2059	1,0	99
						MRA 110/150	2,2	640	2209	0,9	99
						MRS-MRT 70 / 150	1,8	784	2706	0,9	102
0,75 kW	min <sup>-1</sup>	i =	Nm	SF	kg	1,5 kW	min <sup>-1</sup>	i =	Nm	SF	kg
MRS-MRT 50	200	5	23	>3	14	MRS-MRT 60	280	5	46	2,7	20
MRS-MRT 50	200	7	31	2,4	14	MRS-MRT 60	200	7	62	1,8	20
MRS-MRT 50	140	10	43	1,7	14	MRS-MRT 60	140	10	86	1,5	20
MRS-MRT 50	93	15	60	1,2	14	MRS-MRT 60	93	15	124	1,0	20
MRS-MRT 60	70	20	79	1,5	17	MRS-MRT 60	70	20	166	1,2	23
MRS-MRT 60	50	28	102	1,4	17	MRS-MRT 70	50	28	215	1,0	23
MRS-MRT 60	35	40	135	1,0	17	MRS-MRT 70	35	40	295	1,4	27
MRA-MTA 80/60	32	44	178	1,2	20	MRS-MRT 85	32	44	360	1,4	31
MRS-MRT 70	29	49	168	1,1	19	MRA-MTA 80 / 85	29	49	336	0,9	27
MRS-MRT 70	25	56	183	1,0	19	MRS-MRT 85	29	49	356	1,8	50
MRA-MTA 80/60	22	63	242	1,0	20	MRS-MRT 110	25	56	401	1,5	50
MRS-MRT 85	20	70	226	1,3	23	MRA-MTA 80 / 85	22	63	496	1,1	31
MRS-MRT 85	18	80	246	1,1	23	MRS-MRT 110	20	70	480	1,3	50
MRA-MTA 8 70	11	126	341	0,9	23	MRS-MRT 110	18	80	540	1,0	50
MRA-MTA 80/85	8,0	176	540	0,9	27	MRA-MTA 80/110	15	95	719	1,6	54
MRA-MTA 80/110	5,5	252	735	1,5	50	MRS130	14	100	624	1,2	64
MRA-MTA 80/110	4,6	309	838	1,3	50	MRA-MTA 80/110	11	126	915	1,2	54
MRA-MTA 80/110	4,0	353	939	1,1	50	MRA-MTA 80/110	8,0	176	1135	1,0	54
MRS-MRT 50 / 110	3,3	420	1031	1,2	50	MRA100/130	7,0	200	1269	1,0	71
MRA-MTA 80/110	3,2	441	1083	0,9	50	MRA100/130	6,3	224	1421	1,2	71
MRS-MRT 50 / 110	2,5	570	1289	1,0	50	MRA100/150	5,0	280	1490	1,1	101
						MRA100/150	3,5	400	2292	1,1	101
1,1 kW	min <sup>-1</sup>	i =	Nm	SF	kg						
MRS-MRT 60	200	5	34	>3	19						

Referencia: Catálogo VARVEL C-MRS-MRT fr pt es Ed01 2007, pág.23

### C3 - TABLA DE SELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR 0.37 KW

9 - Programa de fabricación

9 - Programme de fabrication

P <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2max</sub>	F <sub>12</sub>	i	fs		Masa Masse							
									HF kg	F0 kg						
0,25	28,5	0,17	58	82	2 500	47	0,9	MR V 225 - 63 C 4 B14* 11 x 90	8	9,8						
	35,3	0,18	49,1	92	2 500	38	1,18									
	44,7	0,19	40,4	98	2 360	30	1,5									
	55,8	0,19	33,2	91	2 000	24	1,7									
	70,5	0,21	27,9	87	1 900	19	2									
	29,6	0,17	56	82	2 500	47	0,9				MR V 225 - 71 A 4 B14R 11 x 90	9,1	12			
	36,6	0,18	47,3	92	2 500	38	1,25									
	46,3	0,19	38,9	98	2 240	30	1,6									
	57,9	0,19	32	91	2 000	24	1,8									
	73,2	0,21	26,9	87	1 900	19	2									
	89,7	0,21	22,4	91	1 600	15,5	2,36									
	116	0,21	17,6	81	1 400	12	2,8									
	31,8	0,17	52	58	1 900	28	0,71	MR V 118 - 71 B 6 B14R 11 x 90	9,6	12,5						
	40,5	0,18	42,8	63	1 900	22	0,9									
	52,4	0,19	34,1	58	1 800	17	1,06									
	63,6	0,2	30,2	56	1 700	14	1,18									
	38,3	0,17	43,4	48,3	1 800	35	0,71							MR V 118 - 63 C 4 B14* 11 x 90	7,2	9
	47,9	0,18	36,2	53	1 800	28	0,9									
	60,9	0,19	29,6	56	1 800	22	1,18									
	78,8	0,19	23,5	51	1 700	17	1,32									
	95,7	0,21	20,5	49,6	1 400	14	1,5									
	122	0,21	16,5	51	1 180	11	1,8									
	39,7	0,17	41,8	48,3	1 800	35	0,71				MR V 118 - 71 A 4 B14R 11 x 90	8,3	11			
	49,6	0,18	34,9	53	1 800	28	0,95									
	63,2	0,19	28,6	56	1 800	22	1,18									
	81,8	0,19	22,7	51	1 600	17	1,4									
	99,3	0,21	19,8	49,6	1 400	14	1,6									
	126	0,21	15,9	51	1 120	11	1,9									
	164	0,21	12,5	43,7	900	8,5	2,12									
	232	0,22	9,1	41,3	800	6	2,65									
	195	0,21	10,4	40,3	1 000	14	2,36	MR V 118 - 63 B 2 B14 11 x 90	6,9	8,8						
	248	0,22	8,3	41,7	900	11	2,8									
	321	0,22	6,5	35,4	800	8,5	3,15									
	0,37	12,7	0,25	184	391	6 500	73	1,5	MR V 535 - 80 A 6 B5 19 x 200	28				32		
		16	0,26	154	547	6 500	58	2,12								
		19,8	0,27	130	616	6 500	47	2,8								
12,7		0,23	173	193	5 600	73	0,8	MR V 430 - 80 A 6 B5 19 x 200	19,2	23						
16		0,25	146	266	5 600	58	1,12									
19,8		0,26	124	318	5 600	47	1,6									
25,1		0,27	102	357	4 500	37	2,12									
31		0,28	86	375	4 250	30	2,8									
38,8		0,29	71	356	4 000	24	3,15									
18,6		0,25	128	173	3 750	47	0,85	MR V 325 - 71 C 6 B14* 14 x 105	13	16						
23		0,26	109	198	3 750	38	1,12									
29,2		0,27	90	209	3 350	30	1,5									
36,5		0,28	74	195	3 150	24	1,6									
23,8		0,25	100	135	3 750	58	0,9				MR V 325 - 71 B 4 B14 14 x 105	12,5	15			
29,4		0,26	85	159	3 550	47	1,18									
36,3		0,27	72	178	3 150	38	1,5									
46		0,28	59	189	2 800	30	2									
57,5		0,29	48,5	173	2 360	24	2,24									
72,6		0,31	40,6	167	2 240	19	2,65									
89		0,31	33,7	172	2 120	15,5	3									
115		0,32	26,5	153	1 900	12	3,55									
29,2		0,27	88	110	2 500	30	0,8	MR V 225 - 71 C 6 B14R 11 x 90	11	13,5						
36,5		0,28	72	103	2 360	24	0,9									
36,3		0,27	71	92	2 240	38	0,8							MR V 225 - 71 B 4 B14R 11 x 90	10	13
46		0,28	58	98	2 240	30	1,06									
57,5		0,29	47,7	91	2 240	24	1,18									
72,6		0,3	40	87	1 900	19	1,4									
89		0,31	33,3	91	1 800	15,5	1,6									
115		0,32	26,2	81	1 400	12	1,8									
166		0,33	18,8	73	1 180	8,33	2,24									
118		0,3	24,3	74	1 600	24	1,9				MR V 225 - 71 A 2 B14R 11 x 90	9,1	12			
149		0,32	20,1	71	1 400	19	2,12									
51,5		0,28	51	58	1 600	17	0,71				MR V 118 - 71 C 6 B14R 11 x 90	9,8	12,5			
62,7		0,28	42,6	56	1 600	22	0,8									
81,2		0,29	33,8	51	1 500	17	0,95	MR V 118 - 71 B 4 B14R 11 x 90	9,2	12						
98,6		0,3	29,5	49,6	1 400	14	1,06									
125		0,31	23,7	51	1 250	11	1,25									
162		0,32	18,6	43,7	1 000	8,5	1,4									
230		0,33	13,5	41,3	800	6	1,7									

\* Potencia o relación potencia-tamaño motor no normalizada.

\* Puissance ou correspondance puissance-grandeur moteur pas normalisée.

## ANEXO D

### D1 - GRÁFICA DE CÓDIGO PARA CLASIFICACIÓN DE MATERIAL

Major Class	Material Characteristics Included	Code Designation
Density	Bulk Density, Loose	Actual Lbs/PC
Size	Very Fine      No. 200 Sieve (.0029") And Under No. 100 Sieve (.0059") And Under No. 40 Sieve (.016") And Under	A <sub>200</sub> A <sub>100</sub> A <sub>40</sub>
	Fine              No. 6 Sieve (.132") And Under	B <sub>6</sub>
	Granular        ½" And Under (6 Sieve to ½") 3" And Under (½ to 3") 7" And Under (3" to 7")	C <sub>½</sub> D <sub>3</sub> D <sub>7</sub>
	Lumpy            16" And Under (0" to 16") Over 16" To Be Specified X=Actual Maximum Size	D <sub>16</sub> D <sub>X</sub>
	Irregular        Stringy, Fibrous, Cylindrical, Slabs, Etc.	E
Flowability	Very Free Flowing Free Flowing Average Flowability Sluggish	1 2 3 4
Abrasiveness	Mildly Abrasive Moderately Abrasive Extremely Abrasive	5 6 7
Miscellaneous Properties Or Hazards	Builds Up and Hardens Generates Static Electricity Decomposes — Deteriorates in Storage Flammability Becomes Plastic or Tends to Soften Very Dusty Aerates and Becomes a Fluid Explosiveness Stickiness — Adhesion Contaminable, Affecting Use Degradable, Affecting Use Gives Off Harmful or Toxic Gas or Fumes Highly Corrosive Mildly Corrosive Hygroscopic Interlocks, Mats or Agglomerates Oils Present Packs Under Pressure Very Light and Fluffy — May Be Windswept Elevated Temperature	F G H J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-6

## D2 - CARACTERÍSTICAS DE MATERIAL

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor Fm	Trough Loading
Adipic Acid	45	A 100-35	S	2	.5	30A
Alfalfa Meal	14-22	B6-45WY	H	2	.6	30A
Alfalfa Pellets	41-43	C½-25	H	2	.5	45
Alfalfa Seed	6 10-15	B6-15N	L-S-B	1	.4	45
Almonds, Broken	27-30	C½-35Q	H	2	.9	30A
Almonds, Whole Shelled	28-30	C½-35Q	H	2	.9	30A
Alum, Fine	45-50	B6-35U	L-S-B	1	.6	30A
Alum, Lumpy	50-60	B6-25	L-S	2	1.4	45
Alumina	55-65	B6-27MY	H	3	1.8	15
Alumina, Fine	35	A100-27MY	H	3	1.6	15
Alumina Sized Or Briquette	65	D3-37	H	3	2.0	15
Aluminate Gel (Aluminate Hydroxide)	45	B6-35	H	2	1.7	30A
Aluminum Chips, Dry	7-15	E-45V	H	2	1.2	30A
Aluminum Chips, Oily	7-15	E-45V	H	2	.8	30A
Aluminum Hydrate	13-20	C½-35	L-S-B	1	1.4	30A
Aluminum Ore (See Bauxite)	—	—	—	—	—	—
Aluminum Oxide	60-120	A100-17M	H	3	1.8	15
Aluminum Silicate (Andalusite)	49	C½-35S	L-S	3	.8	30A
Aluminum Sulfate	45-58	C½-25	L-S-B	1	1.0	45
Ammonium Chloride, Crystalline	45-52	A100-45FRS	L-S	3	.7	30A
Ammonium Nitrate	45-62	A40-35NTU	H	3	1.3	30A
Ammonium Sulfate	45-58	C½-35FOTU	L-S	1	1.0	30A
Antimony Powder	—	A100-35	H	2	1.6	30A
Apple Pomace, Dry	15	C½-45Y	H	2	1.0	30A
Arsenate Of Lead (See Lead Arsenate)	—	—	—	—	—	—
Arsenic Oxide (Arsenolite)	100-120	A100-35R	L-S-B	—	—	30A
Arsenic Pulverized	30	A100-25R	H	2	.8	45
Asbestos — Rock (Ore)	81	D3-37R	H	3	1.2	15
Asbestos — Shredded	20-40	E-46XY	H	2	1.0	30B
Ash, Black Ground	105	B6-35	L-S-B	1	2.0	30A
Ashes, Coal, Dry — ½"	35-45	C½-46TY	H	3	3.0	30B
Ashes, Coal, Dry — 3"	35-40	D3-46T	H	3	2.5	30B
Ashes, Coal, Wet — ½"	45-50	C½-46T	H	3	3.0	30B
Ashes, Coal, Wet — 3"	45-50	D3-46T	H	3	4.0	30B
Ashes, Fly (See Fly Ash)	—	—	—	—	—	—
Asphalt, Crushed — ½"	45	C½-45	H	2	2.0	30A
Bagasse	7-10	E-45RVXY	L-S-B	2	1.5	30A
Bakelite, Fine	30-45	B6-25	L-S-B	1	1.4	45
Baking Powder	40-55	A100-35	S	1	.6	30A
Baking Soda (Sodium Bicarbonate)	40-55	A100-25	S	1	.6	45
Barite (Barium Sulfate) + ½" — 3"	120-180	D3-36	H	3	2.6	30B
Barite, Powder	120-180	A100-35X	H	2	2.0	30A
Barium Carbonate	72	A100-45R	H	2	1.6	30A
Bark, Wood, Refuse	10-20	E-45TVY	H	3	2.0	30A
Barley, Fine, Ground	24-38	B6-35	L-S-B	1	.4	30A
Barley, Malted	31	C½-35	L-S-B	1	.4	30A
Barley, Meal	28	C½-35	L-S-B	1	.4	30A
Barley, Whole	36-48	B6-25N	L-S-B	1	.5	45
Basalt	80-105	B6-27	H	3	1.8	15
Bauxite, Dry, Ground	68	B6-25	H	2	1.8	45
Bauxite, Crushed — 3"	75-85	D3-36	H	3	2.5	30B
Beans, Castor, Meal	35-40	B6-35W	L-S-B	1	.8	30A
Beans, Castor, Whole Shelled	36	C½-15W	L-S-B	1	.5	45
Beans, Navy, Dry	48	C½-15	L-S-B	1	.5	45
Beans, Navy, Steeped	60	C½-25	L-S-B	1	.8	45

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Material Code	Intermediate Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor F <sub>a</sub>	Trough Loading
Silicon Dioxide (See Quartz)	—	—	—	—	—	—
Silica, Flour	80	A40-46	H	2	1.5	30B
Silica Gel + ½" - 3"	45	D3-37HKQU	H	3	2.0	15
Slag, Blast Furnace Crushed	130-180	D3-37Y	H	3	2.4	15
Slag, Furnace Granular, Dry	60-65	C½-37	H	3	2.2	15
Slate, Crushed, — ½"	80-90	C½-36	H	2	2.0	30B
Slate, Ground, — ¼"	82-85	B6-36	H	2	1.6	30B
Sludge, Sewage, Dried	40-50	E-47TW	H	3	.8	15
Sludge, Sewage, Dry Ground	45-55	B-46S	H	2	.8	30B
Soap, Beads or Granules	15-35	B6-35Q	L-S-B	1	.6	30A
Soap, Chips	15-25	C½-35Q	L-S-B	1	.6	30A
Soap Detergent	15-50	B6-35FQ	L-S-B	1	.8	30A
Soap, Flakes	5-15	B6-35QXY	L-S-B	1	.6	30A
Soap, Powder	20-25	B6-25X	L-S-B	1	.9	45
Soapstone, Talc, Fine	40-50	A200-45XY	L-S-B	1	2.0	30A
Soda Ash, Heavy	55-65	B6-36	H	2	2.0	30B
Soda Ash, Light	20-35	A40-36Y	H	2	1.6	30B
Sodium Aluminate, Ground	72	B6-36	H	2	1.0	30B
Sodium Aluminum Fluoride (See Kryolite)	—	—	—	—	—	—
Sodium Aluminum Sulphate*	75	A100-36	H	2	1.0	30B
Sodium Bentonite (See Bentonite)	—	—	—	—	—	—
Sodium Bicarbonate (See Baking Soda)	—	—	—	—	—	—
Sodium Chloride (See Salt)	—	—	—	—	—	—
Sodium Carbonate (See Soda Ash)	—	—	—	—	—	—
Sodium Hydrate (See Caustic Soda)	—	—	—	—	—	—
Sodium Hydroxide (See Caustic Soda)	—	—	—	—	—	—
Sodium Borate (See Borax)	—	—	—	—	—	—
Sodium Nitrate	70-80	D3-25NS	L-S	2	1.2	30A
Sodium Phosphate	50-60	A-35	L-S	1	.9	30A
Sodium Sulfate (See Salt Cake)	—	—	—	—	—	—
Sodium Sulfite	96	B6-46X	H	2	1.5	30B
Sorghum, Seed (See Kafir or Milo)	—	—	—	—	—	—
Soybean, Cake	40-43	D3-35W	L-S-B	2	1.0	30A
Soybean, Cracked	30-40	C½-36NW	H	2	.5	30B
Soybean, Flake, Raw	18-25	C½-35Y	L-S-B	1	.8	30A
Soybean, Flour	27-30	A40-35MN	L-S-B	1	.8	30A
Soybean Meal, Cold	40	B6-35	L-S-B	1	.5	30A
Soybean Meal Hot	40	B6-35T	L-S	2	.5	30A
Soybeans, Whole	45-50	C½-26NW	H	2	1.0	30B
Starch	25-50	A40-15M	L-S-B	1	1.0	45
Steel Turnings, Crushed	100-150	D3-46WV	H	3	3.0	30B
Sugar Beet, Pulp, Dry	12-15	C½-26	H	2	.9	30B
Sugar Beet, Pulp, Wet	25-45	C½-35X	L-S-B	1	1.2	30A
Sugar, Refined, Granulated Dry	50-55	B6-35PU	S	1	1.0-1.2	30A
Sugar, Refined, Granulated Wet	55-65	C½-35X	S	1	1.4-2.0	30A
Sugar, Powdered	50-60	A100-35PX	S	1	.8	30A
Sugar, Raw	55-65	B6-35PX	S	1	1.5	30A
Sulphur, Crushed — ½"	50-60	C½-35N	L-S	1	.8	30A
Sulphur, Lumpy, — 3"	80-85	D3-35N	L-S	2	.8	30A
Sulphur, Powdered	50-60	A40-35MN	L-S	1	.6	30A
Sunflower Seed	19-38	C½-15	L-S-B	1	.5	45
Talcum, — ½"	80-90	C½-36	H	2	.9	30B
Talcum Powder	50-60	A200-36M	H	2	.8	30B
Tanbark, Ground*	55	B6-45	L-S-B	1	.7	30A
Timothy Seed	36	B6-35NY	L-S-B	1	.6	30A
Titanium Dioxide (See Ilmenite Ore)	—	—	—	—	—	—

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-15

## D3 - FACTORES DE CAPACIDAD

### FACTOR DE CAPACIDAD DE TRANSPORTADOR CON PASO ESPECIAL CF<sub>1</sub>

Special Conveyor Pitch Capacity Factor CF <sub>1</sub>		
Pitch	Description	CF <sub>1</sub>
Standard	Pitch = Diameter of Screw	1.00
Short	Pitch = ¾ Diameter of Screw	1.50
Half	Pitch = ½ Diameter of Screw	2.00
Long	Pitch = 1½ Diameter of Screw	0.67

### FACTOR DE CAPACIDAD DE TRANSPORTADOR CON PASO ESPECIAL CF<sub>2</sub>

Special Conveyor Flight Capacity Factor CF <sub>2</sub>			
Type of Flight	Conveyor Loading		
	15%	30%	45%
Cut Flight	1.95	1.57	1.43
Cut & Folded Flight	N.R.*	3.75	2.54
Ribbon Flight	1.04	1.37	1.62

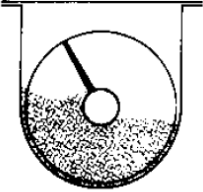
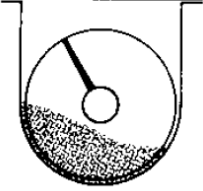
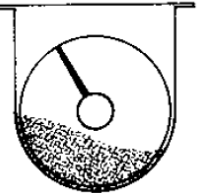
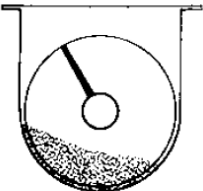
\*Not recommended  
 If none of the above flight modifications are used: CF<sub>2</sub> = 1.0

### CAPACIDAD DE TRANSPORTADOR ESPECIAL CON PALETAS MEZCLADORAS CF<sub>3</sub>

Special Conveyor Mixing Paddle Capacity CF <sub>3</sub>					
Standard Paddles at 45° Reverse Pitch	Paddles Per Pitch				
	None	1	2	3	4
Factor CF <sub>3</sub>	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-18

## D4 - TABLA DE CAPACIDAD TRANSPORTADORES HELICOIDALES

Trough Loading		Screw Dia. Inch	Capacity Cubic Feet Per Hour (Full Pitch)		Max. RPM
			At One RPM	At Max RPM	
<b>45%</b>		4	0.62	114	184
		6	2.23	368	165
		9	8.20	1270	155
		10	11.40	1710	150
		12	19.40	2820	145
		14	31.20	4370	140
		16	46.70	6060	130
		18	67.60	8120	120
		20	93.70	10300	110
		24	164.00	16400	100
	30	323.00	29070	90	
<b>30% A</b>		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
	30	216.00	12960	60	
<b>30% B</b>		4	0.41	29	72
		6	1.49	90	60
		9	5.45	300	55
		10	7.60	418	55
		12	12.90	645	50
		14	20.80	1040	50
		16	31.20	1400	45
		18	45.00	2025	45
		20	62.80	2500	40
		24	109.00	4360	40
	30	216.00	7560	35	
<b>15%</b>		4	0.21	15	72
		6	0.75	45	60
		9	2.72	150	55
		10	3.80	210	55
		12	6.40	325	50
		14	10.40	520	50
		16	15.60	700	45
		18	22.50	1010	45
		20	31.20	1250	40
		24	54.60	2180	40
	30	108.00	3780	35	

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-19.

### D5 – FACTOR DE DIÁMETRO DE TRANSPORTADOR, $F_d$ .

Conveyor Diameter Factor, $F_d$			
Screw Diameter Inches	Factor $F_d$	Screw Diameter Inches	Factor $F_d$
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-24

### D6 – FACTOR DE BUJE PARA COLGANTE

Hanger Bearing Factor $F_b$		
Bearing Type		Hanger Bearing Factor $F_b$
B	Ball	1.0
L	<i>Martin</i> Bronze	2.0
S	*Graphite Bronze	2.0
	*Melamine	
	*Oil Impreg. Bronze	
	*Oil Impreg. Wood	
	*Nylatron	
	*Nylon	
	*Teflon	
	*UHMW	
	*Urethane	
	* <i>Martin</i> Hard Iron	3.4
H	*Hard Surfaced	4.4
	*Stellite	
	* Ceramic	

\*Non lubricated bearings, or bearings not additionally lubricated.

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-24



### D7 – FACTOR, $F_f$ .

Flight Type	$F_f$ Factor for Percent Conveyor Loading			
	15%	30%	45%	95%
Standard	1.0	1.0	1.0	1.0
Cut Flight	1.10	1.15	1.20	1.3
Cut & Folded Flight	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Ribbon Flight	1.05	1.14	1.20	—
*Not Recommended				

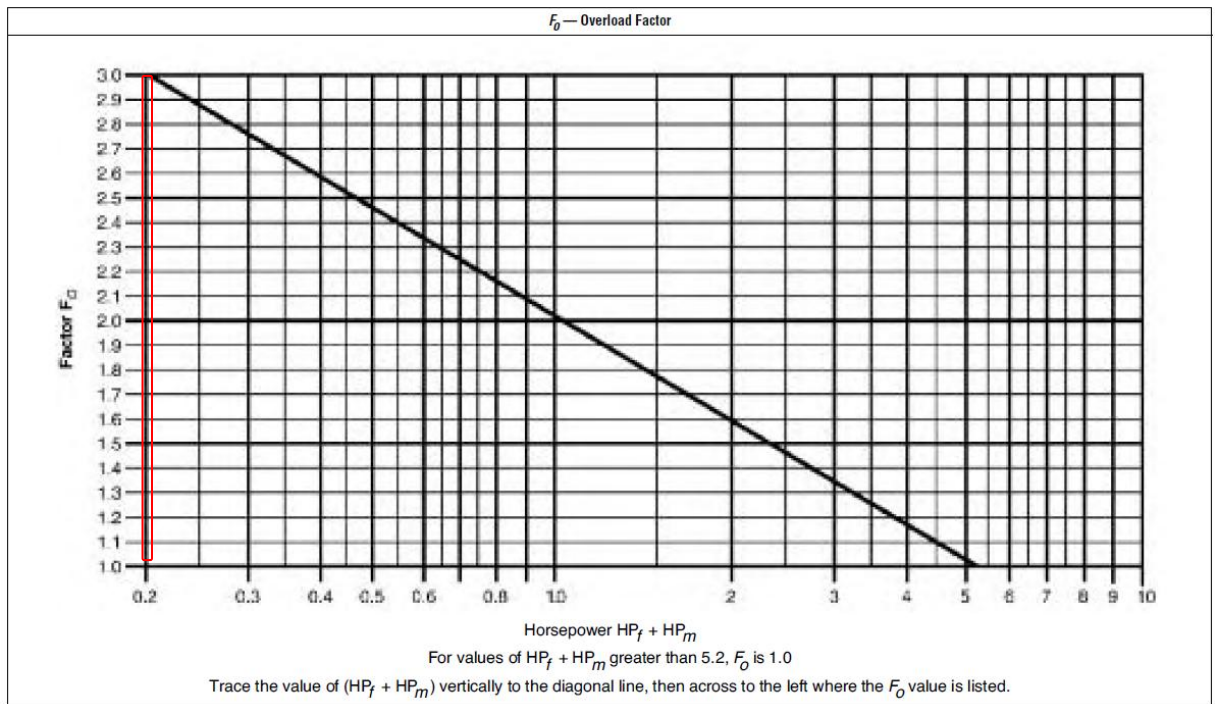
MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-25

### D8 – FACTOR DE PALETA.

Paddle Factor $F_p$					
Standard Paddles per Pitch, Paddles Set at 45° Reverse Pitch					
Number of Paddles per Pitch	0	1	2	3	4
Paddle Factor — $F_p$	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-25

### D9 – FACTOR DE SOBRECARGA.



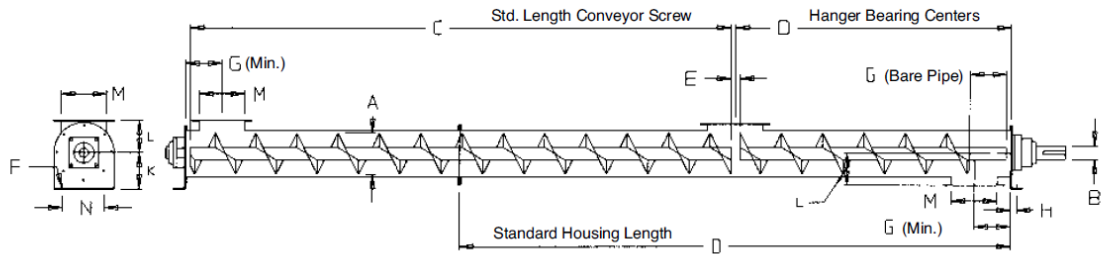
MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-25

### D10 – FACTOR DE EFICIENCIA DE TRANSMISIÓN.

e Drive Efficiency Factor				
Screw Drive or Shaft Mount w/ V-Belt Drive	V-Belt to Helical Gear and Coupling	Gearmotor w/ Coupling	Gearmotor w/ Chain Drive	Worm Gear
.88	.87	.95	.87	Consult Manufacturer

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-25

## D11 – ARTESA TUBULAR

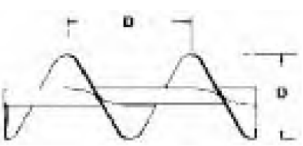
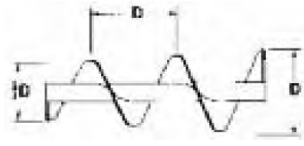
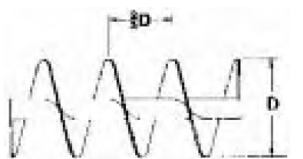

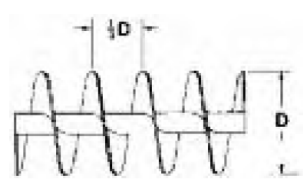
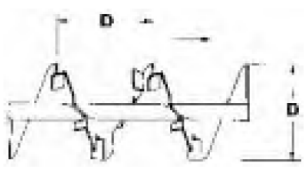
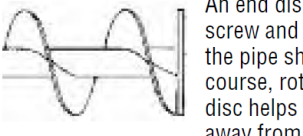
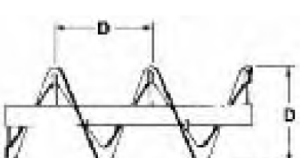
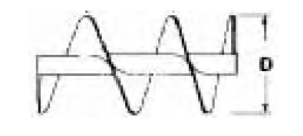
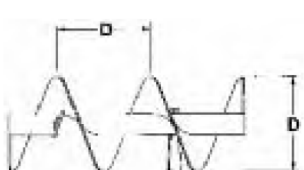
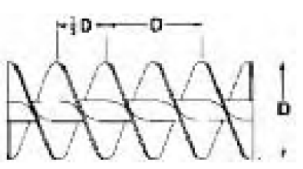
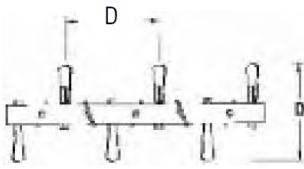


A Screw Dia.	B Coupling Dia.	C Length	D Length	E	F	G (Min.)	H	J	K	L	M	N	P	R
4	1	9-10½	10	1½	¾	4½	¾	3%	4%	3%	5	5%	1½	1
6	1½	9-10	10	2	¾	6	1½	4½	5%	5	7	8%	1½	1
9	1½ 2	9-10	10	2	¾	8	1¾	6%	7%	7%	10	9%	1%	1½
10	1½ 2	9-10	10	2	¾	9	1¾	6%	8%	7%	11	9%	1%	1½
12	2 2½ 3	11-10 11-9 11-9	12	2 3 3	¾	10½	1%	7%	9%	8%	13	12¼	2	1%
14	2½ 3	11-9	12	3	¾	11½	1%	9%	10%	10%	15	13½	2	1%
16	3	11-9	12	3	¾	13½	1%	10%	12	11%	17	14¾	2½	2
18	3 3½	11-9 11-8	12	3 4	¾	14½	1%	12%	13%	12%	19	16	2½	2
20	3 3½	11-9 11-8	12	3 4	¾	15½	2	13%	15	13%	21	19¼	2½	2½
24	3½	11-8	12	4	¾	17½	2½	16%	18%	15%	25	20	2½	2½

Screw clearance at trough end is one half of dimension E

MARTIN, SPROCKET & GEAR, INC. Catálogo 1090, pág. H-41

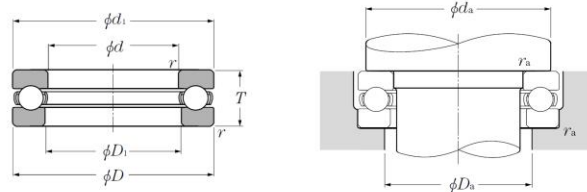
## D12 – HELICOIDES BÁSICOS DE TRANSPORTADOR Y TIPOS DE PASOS

<p><b>STANDARD PITCH, SINGLE FLIGHT</b></p>  <p>Conveyor screws with pitch equal to screw diameter are considered standard. They are suitable for a whole range of materials in most conventional applications.</p>	<p><b>TAPERED, STANDARD PITCH, SINGLE FLIGHT</b></p>  <p>Price on Application</p> <p>Screw flights increase from 2/3 to full diameter. Used in screw feeders to provide uniform withdrawal of lumpy materials. Generally equivalent to and more economical than variable pitch.</p>
<p><b>SHORT PITCH, SINGLE FLIGHT</b></p>  <p>Flight pitch is reduced to 2/3 diameter. Recommended for inclined or vertical applications. Used in screw feeders. Shorter pitch reduces flushing of materials which fluidize.</p>	<p><b>SINGLE CUT-FLIGHT, STANDARD PITCH</b></p>  <p>Screws are notched at regular intervals at outer edge. Affords mixing action and agitation of material in transit. Useful for moving materials which tend to pack.</p>
<p><b>HALF PITCH, SINGLE FLIGHT</b></p>  <p>Similar to short pitch except pitch is reduced to 1/2 standard pitch. Useful for inclined applications, for screw feeders and for handling extremely fluid materials.</p>	<p><b>CUT &amp; FOLDED FLIGHT, STANDARD PITCH</b></p>  <p>Folded flight segments lift and spill the material. Partially retarded flow provides thorough mixing action. Excellent for heating, cooling or aerating light substances.</p>
<p><b>END DISC ON CONVEYOR SCREW</b></p>  <p>Price on Application</p> <p>An end disc is the same diameter as the screw and is welded flush with the end of the pipe shaft at its discharge end and, of course, rotates with the screw. The end disc helps to keep discharging material away from the trough end seal.</p>	<p><b>SINGLE FLIGHT RIBBON</b></p>  <p>Price on Application</p> <p>Excellent for conveying sticky or viscous materials. Open space between flighting and pipe eliminate collection and build-up of material.</p>
<p><b>VARIABLE PITCH, SINGLE FLIGHT</b></p>  <p>Price on Application</p> <p>Flights have increasing pitch and are used in screw feeders to provide uniform withdrawal of fine, free flowing materials over the full length of the inlet opening.</p>	<p><b>STANDARD PITCH WITH PADDLES</b></p>  <p>Adjustable paddles positioned between screw flights opposed flow to provide gentle but thorough mixing action.</p>
<p><b>DOUBLE FLIGHT, STANDARD PITCH</b></p>  <p>Double flight, standard pitch screws provide smooth regular material flow and uniform movement of certain types or materials.</p>	<p><b>PADDLE</b></p>  <p>Adjustable paddles provide complete mixing action, and controlled material flow.</p>

## ANEXO E

### E1 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RODAMIENTO AXIAL DE BOLAS DE UNA SOLA DIRECCIÓN

#### ● Rodamientos Axiales de Bolas de Una Sola Dirección



**Carga axial equivalente del rodamiento dinámica**  
 $P_a = F_a$   
**estática**  
 $P_{oa} = F_a$

**d** 10 ~ 50mm

	Dimensiones principales				Capacidad básica de carga				Velocidades límites		Números de rodamientos	Dimensiones			Dimensiones de hombros y filetes			Masa kg (aprox.)
	mm				kN				r.p.m.			mm			mm			
	d	D	T	r <sub>s min</sub> <sup>1)</sup>	C <sub>a</sub>	C <sub>oa</sub>	C <sub>a</sub>	C <sub>oa</sub>	grasa	aceite		d <sub>1s max</sub> <sup>2)</sup>	D <sub>1s min</sub> <sup>3)</sup>	d <sub>s min</sub>	D <sub>s max</sub>	r <sub>as max</sub>		
<b>10</b>	24	9	0.3	10.0	14.0	1 020	1 420	6 700	9 500	<b>51100</b>	24	11	18	16	0.3	0.021		
	26	11	0.6	12.7	17.1	1 290	1 740	5 800	8 300		<b>51200</b>	26	12	20	16	0.6	0.03	
<b>12</b>	26	9	0.3	10.3	15.4	1 050	1 570	6 400	9 200	<b>51101</b>	26	13	20	18	0.3	0.023		
	28	11	0.6	13.2	19.0	1 340	1 940	5 600	8 000		<b>51201</b>	28	14	22	18	0.6	0.034	
<b>15</b>	28	9	0.3	10.5	16.8	1 070	1 710	6 200	8 800	<b>51102</b>	28	16	23	20	0.3	0.024		
	32	12	0.6	16.6	24.8	1 690	2 530	5 000	7 100		<b>51202</b>	32	17	25	22	0.6	0.046	
<b>17</b>	30	9	0.3	10.8	18.2	1 100	1 850	6 000	8 500	<b>51103</b>	30	18	25	22	0.3	0.026		
	35	12	0.6	17.2	27.3	1 750	2 780	4 800	6 800		<b>51203</b>	35	19	28	24	0.6	0.054	
<b>20</b>	35	10	0.3	14.2	24.7	1 450	2 520	5 200	7 500	<b>51104</b>	35	21	29	26	0.3	0.04		
	40	14	0.6	22.3	37.5	2 270	3 850	4 100	5 900		<b>51204</b>	40	22	32	28	0.6	0.081	
<b>25</b>	42	11	0.6	19.6	37.0	1 990	3 800	4 600	6 500	<b>51105</b>	42	26	35	32	0.6	0.06		
	47	15	0.6	27.8	50.5	2 830	5 150	3 700	5 300		<b>51205</b>	47	27	38	34	0.6	0.111	
	52	18	1	35.5	61.5	3 650	6 250	3 200	4 600		<b>51305</b>	52	27	41	36	1	0.176	
	60	24	1	55.5	89.5	5 650	9 100	2 600	3 700		<b>51405</b>	60	27	46	39	1	0.33	
<b>30</b>	47	11	0.6	20.4	42.0	2 080	4 300	4 300	6 200	<b>51106</b>	47	32	40	37	0.6	0.069		
	52	16	0.6	29.3	58.0	2 990	5 950	3 400	4 900		<b>51206</b>	52	32	43	39	0.6	0.139	
	60	21	1	43.0	78.5	4 350	8 000	2 800	3 900		<b>51306</b>	60	32	48	42	1	0.269	
	70	28	1	72.5	126	7 400	12 800	2 200	3 200		<b>51406</b>	70	32	54	46	1	0.516	
<b>35</b>	52	12	0.6	20.4	44.5	2 080	4 550	3 900	5 600	<b>51107</b>	52	37	45	42	0.6	0.085		
	62	18	1	39.0	78.0	4 000	7 950	2 900	4 200		<b>51207</b>	62	37	51	46	1	0.215	
	68	24	1	55.5	105	5 650	10 700	2 400	3 500		<b>51307</b>	68	37	55	48	1	0.383	
	80	32	1.1	87.0	155	8 850	15 800	1 900	2 800		<b>51407</b>	80	37	62	53	1	0.759	
<b>40</b>	60	13	0.6	26.9	63.0	2 740	6 400	3 500	5 000	<b>51108</b>	60	42	52	48	0.6	0.125		
	68	19	1	47.0	98.5	4 800	10 000	2 700	3 900		<b>51208</b>	68	42	57	51	1	0.276	
	78	26	1	69.0	135	7 050	13 700	2 200	3 100		<b>51308</b>	78	42	63	55	1	0.548	
	90	36	1.1	112	205	11 500	20 900	1 700	2 500		<b>51408</b>	90	42	70	60	1	1.08	
<b>45</b>	65	14	0.6	27.9	69.0	2 840	7 050	3 200	4 600	<b>51109</b>	65	47	57	53	0.6	0.148		
	73	20	1	48.0	105	4 850	10 700	2 600	3 700		<b>51209</b>	73	47	62	56	1	0.317	
	85	28	1	80.0	163	8 150	16 700	2 000	2 900		<b>51309</b>	85	47	69	61	1	0.684	
	100	39	1.1	130	242	13 200	24 700	1 600	2 200		<b>51409</b>	100	47	78	67	1	1.43	
<b>50</b>	70	14	0.6	28.8	75.5	2 930	7 700	3 100	4 500	<b>51110</b>	70	52	62	58	0.6	0.161		
	78	22	1	48.5	111	4 950	11 400	2 400	3 400		<b>51210</b>	78	52	67	61	1	0.378	

1) Dimensión mínima permitida para el chaflán r. 2) Dimensión máxima permitida para el diámetro exterior de la arandela del eje d<sub>1s</sub>.  
 3) Dimensión mínima permitida para el diámetro interior de la arandela del lado del alojamiento D<sub>1s</sub>.

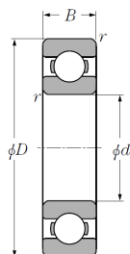
B-274

Referencia: Catalogo General NTN, N° 2202-VII/S, pág. B-274

## E2 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RODAMIENTO RÍGIDO DE BOLAS

### ● Rodamientos Rígidos de Bolas

NTN



Tipo abierto



Tipo con tapas (ZZ)



Tipo con sello de no contacto (LLB, LLF)



Tipo con sello de bajo torque (LLH)



Tipo con sello de contacto (LLU)

d 20 ~ 35mm

d	Dimensiones principales				Capacidades básicas de carga				Factor dinámico $f_0$	Velocidades límites				Números de rodamientos				
	mm				kN		kgf			r.p.m.				con sello de no contacto				
	D	B	$r_s$ min <sup>1)</sup>	$r_{NS}$ min	$C_r$	$C_{or}$	$C_r$	$C_{or}$		grasa tipo abierto ZZ	aceite tipo abierto LLB	LLH	LLU	abierto	con tapas	de no contacto	de bajo torque	de contacto
<b>20</b>	72	19	1.1	—	28.5	13.9	2 900	1 420	11.4	12 000	14 000	—	—	6404	—	—	—	—
<b>22</b>	44	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	17 000	20 000	13 000	10 000	60/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	50	14	1	0.5	12.9	6.80	1 320	690	13.5	14 000	17 000	12 000	9 700	62/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	56	16	1.1	0.5	18.4	9.25	1 880	945	12.4	13 000	15 000	11 000	9 200	63/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
<b>25</b>	32	4	0.2	—	1.10	0.840	112	86	15.8	4 000	4 600	—	—	6705	—	LLF	—	—
	37	7	0.3	0.3	4.30	2.95	435	300	16.1	18 000	21 000	—	10 000	6805	ZZ	LLB	—	LLU
	42	9	0.3	0.3	7.05	4.55	715	460	15.4	16 000	19 000	—	9 800	6905	ZZ	LLB	—	LLU
	47	8	0.3	—	8.35	5.10	855	520	15.1	15 000	18 000	—	—	16005	—	—	—	—
	47	12	0.6	0.5	10.1	5.85	1 030	595	14.5	15 000	18 000	11 000	9 400	6005	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1	0.5	14.0	7.85	1 430	800	13.9	13 000	15 000	11 000	8 900	6205	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	17	1.1	0.5	21.2	10.9	2 160	1 110	12.6	12 000	14 000	9 700	8 100	6305	ZZ	LLB	LLH	LLU
80	21	1.5	—	34.5	17.5	3 550	1 780	11.6	10 000	12 000	—	—	6405	—	—	—	—	
<b>28</b>	52	12	0.6	0.5	12.5	7.40	1 270	755	14.5	14 000	16 000	10 000	8 400	60/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	58	16	1	0.5	17.9	9.75	1 830	995	13.4	12 000	14 000	9 700	8 100	62/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	68	18	1.1	0.5	26.7	14.0	2 730	1 430	12.4	11 000	13 000	8 900	7 400	63/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
<b>30</b>	37	4	0.2	—	1.14	0.950	117	97	15.7	3 300	3 800	—	—	6706	—	LLF	—	—
	42	7	0.3	0.3	4.70	3.65	480	370	16.5	15 000	18 000	—	8 800	6806	ZZ	LLB	—	LLU
	47	9	0.3	0.3	7.25	5.00	740	510	15.8	14 000	17 000	—	8 400	6906	ZZ	LLB	—	LLU
	55	9	0.3	—	11.2	7.35	1 150	750	15.2	13 000	15 000	—	—	16006	—	—	—	—
	55	13	1	0.5	13.2	8.3	1 350	845	14.8	13 000	15 000	9 200	7 700	6006	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	16	1	0.5	19.5	11.3	1 980	1 150	13.8	11 000	13 000	8 800	7 300	6206	ZZ	LLB	LLH	LLU
	72	19	1.1	0.5	26.7	15.0	2 720	1 530	13.3	10 000	12 000	7 900	6 600	6306	ZZ	LLB	LLH	LLU
90	23	1.5	—	43.5	23.9	4 400	2 440	12.3	8 800	10 000	—	—	6406	—	—	—	—	
<b>32</b>	58	13	1	0.5	11.8	8.05	1 200	820	15.4	12 000	15 000	8 700	7 200	60/32	ZZ	LLB	LLH	LLU
	65	17	1	0.5	20.7	11.6	2 110	1 190	13.6	11 000	12 000	8 400	7 100	62/32	ZZ	LLB	LLH	LLU
	75	20	1.1	0.5	29.8	16.9	3 050	1 730	13.1	9 500	11 000	7 700	6 500	63/32	ZZ	LLB	LLH	LLU
<b>35</b>	47	7	0.3	0.3	4.90	4.05	500	410	16.4	13 000	16 000	—	7 600	6807	ZZ	LLB	—	LLU
	55	10	0.6	0.5	9.55	6.85	975	695	15.8	12 000	15 000	—	7 100	6907	ZZ	LLB	—	LLU
	62	9	0.3	—	11.7	8.20	1 190	835	15.6	12 000	14 000	—	—	16007	—	—	—	—
	62	14	1	0.5	16.0	10.3	1 630	1 050	14.8	12 000	14 000	8 200	6 800	6007	ZZ	LLB	LLH	LLU
	72	17	1.1	0.5	25.7	15.3	2 620	1 560	13.8	9 800	11 000	7 600	6 300	6207	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	21	1.5	0.5	33.5	19.1	3 400	1 950	13.1	8 800	10 000	7 300	6 000	6307	ZZ	LLB	LLH	LLU
100	25	1.5	—	55.0	31.0	5 600	3 150	12.3	7 800	9 100	—	—	6407	—	—	—	—	

1) Dimensión mínima permitida para el chaflán r.

B-10

Referencia: Catalogo General NTN, N° 2202-VII/S, pág. B-10

## ANEXO F

### F1 – SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO CR18 – 8AO


## Capacitive Type

### Capacitive cylindrical type proximity sensor

#### ■ Features



- Able to detect Iron, metal, plastic, water, stone, wood etc
- Long life cycle and High reliability
- Convenient to adjust the detecting distance by sensitivity adjustment potentiometer
- Applications to control level and position





 Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.

#### ■ Type

##### ○ DC 3-wire type

Appearances		Model
M18		CR18-8DN
		CR18-8DP
		CR18-8DN2 ※
M30		CR30-15DN
		CR30-15DP
		CR30-15DN2 ※

##### ○ AC 2-wire type

Appearances		Model
M18		CR18-8AO
		CR18-8AC
M30		CR30-15AO
		CR30-15AC

▶ ※ Mark is optional.

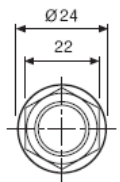
## ■ Specifications

Model□	CR18-8DN CR18-8DP CR18-8DN2	CR30-15DN CR30-15DP CR30-15DN2	CR18-8AO CR18-8AC	CR30-15AO CR30-15AC
Detecting distance	8mm ±10%	15mm ±10%	8mm ±10%	15mm ±10%
Hysteresis	Max. 20% of detecting distance			
Standard detecting target	50×50×1mm(Iron)			
Setting distance	0 ~ 5.6mm	0 ~ 10.5mm	0~5.6mm	0~10.5mm
Power supply (Operating voltage)	12-24VDC (10-30VDC)		100-240VAC (85-264VAC)	
Current consumption	Max. 15mA		—	
Leakage current	Max. 2.2mA			
Response frequency	50Hz		20Hz	
Residual voltage	Max. 1.5V		Max. 20V	
Affection by Temp.	±20% Max. of detecting distance at +20℃ within temperature range of -25 ~ +70℃			
Control output	200mA		5~200mA	
Insulation resistance	Min. 50MΩ (at 500VDC)			
Dielectric strength	1500VAC 50/60Hz for 1 minute			
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 ~ 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours			
Shock	500m/s <sup>2</sup> (50G) X, Y, Z directions for 3 times			
Indicator□	Operation indicator (Red LED)			
Ambient temperature	-25 ~ +70℃ (at non-freezing status)			
Storage temperature	-30 ~ +80℃ (at non-freezing status)			
Ambient humidity	35 ~ 95%RH			
Protection circuit	Surge protection circuit, Reverse polarity protection		Surge protection circuit built-in	
Protection□	IP66 (IEC specification)	IP65 (IEC specification)	IP66 (IEC specification)	IP65 (IEC specification)
Weight	Approx. 72g	Approx. 212g	Approx. 63g	Approx. 220g

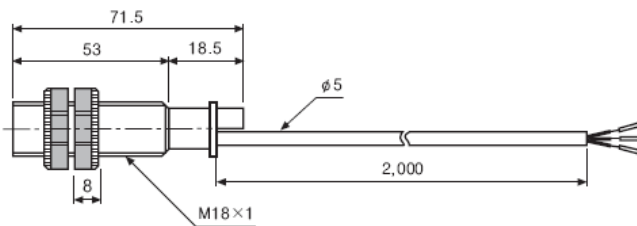
## CR Series

### ■ Dimensions

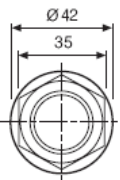
#### ● CR18-8D□



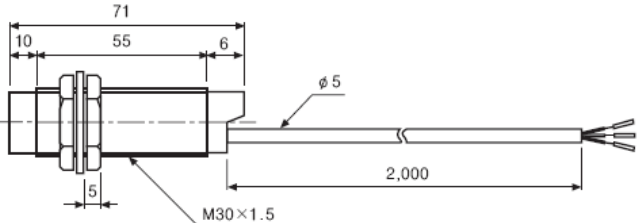
#### ● CR18-8A□



#### ● CR30-15D□



#### ● CR30-15A□



Unit:mm

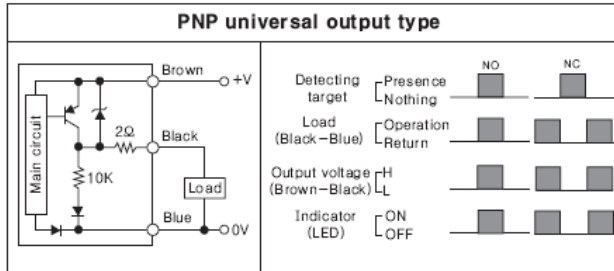
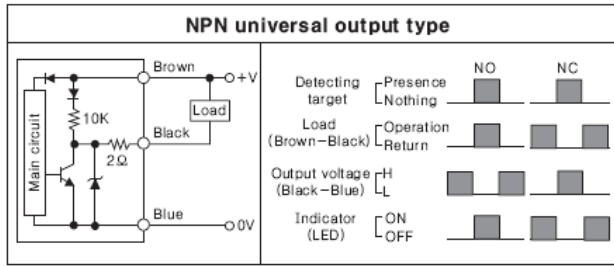
### ■ Control output diagram

○ DC 3-wire type

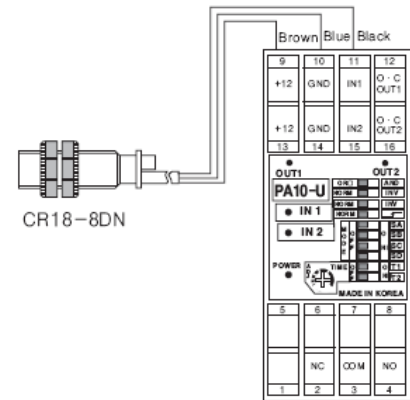
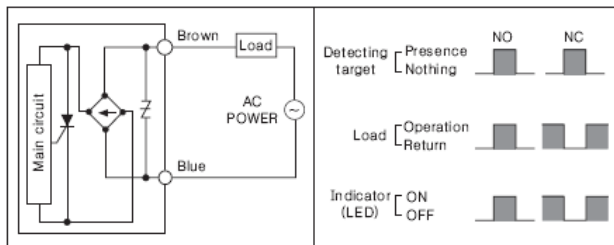
### ■ Connections

○ DC 3-wire type

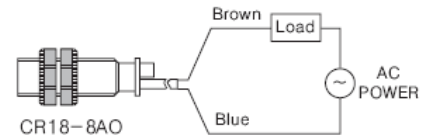




◎ AC 2-wire type



◎ AC 2-wire type



## Capacitive Type

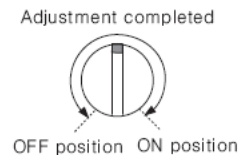
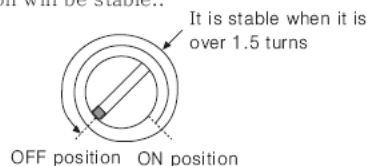
### ■ Sensitivity adjustment

Please turn potentiometer and sequence as below procedure.

- Without any target in front of the sensing head, turn the sensitivity potentiometer clockwise until the proximity sensor turns on.
- With a target in front of the sensing head, turn the sensitivity counter clock wise from the ON position stated in 1 until the proximty sensor turns off.



- If the difference between the ON point 1 and the OFF point in 2 is more that 1.5 turns, the sensing operation will be stable..
- If you set potentiometer at center between 1 and 2, sensitivity setting will be completed.



※ When there is distance fluctuation between proximity sensor and the target, please adjust 2 with target at farthest distance from this unit.

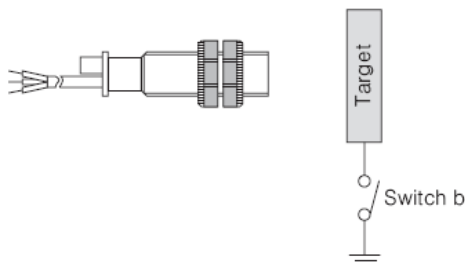
※ Turning potentiometer toward clockwise it will be Max. and turning toward counter clockwise it will be Min. number of adjustment should be  $15 \pm 3$  revolution and if you turn on right or left excessively, it will not stop.

## ■ Grounding

The detecting distance will be changed by grounding status of capacitive proximity sensor and the target [50×50×1mm(Iron)]. Please check the material when install it on panel.

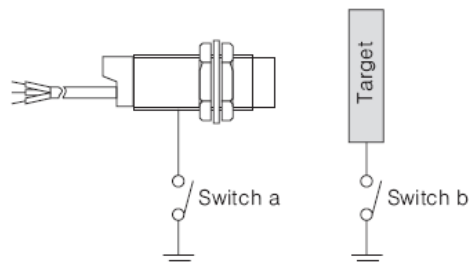
### ●CR18-

Ground condition switch b	ON	OFF
Operating distance (mm)	8	4



### ●CR30-

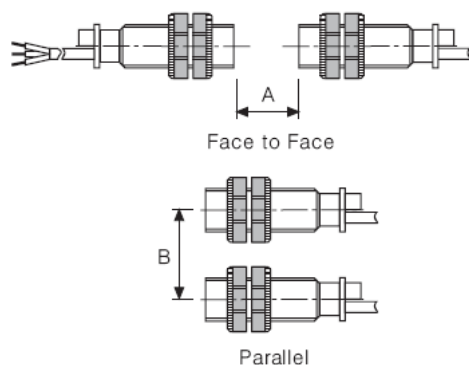
Ground condition	Switch a	ON	OFF	ON	OFF
	Switch b	ON	ON	OFF	OFF
Operating distance(mm)		15	18	6	6



## CR Series

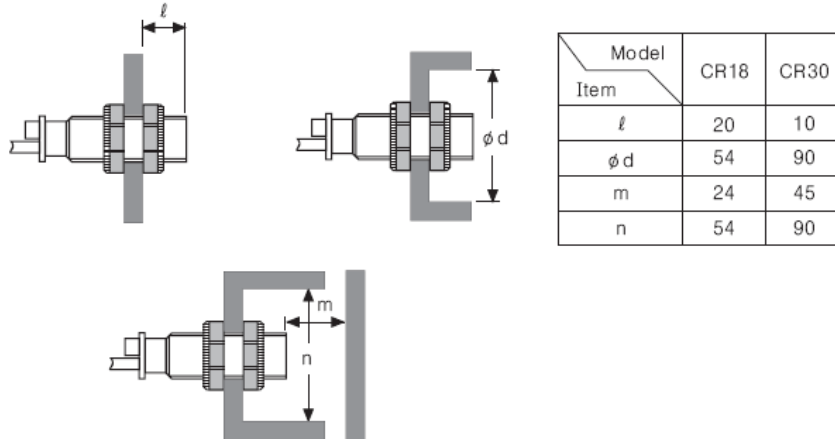
### ■ Mutual-interference & Influence by surrounding metals

When several proximity sensors are mounted close together, malfunction of sensor may be caused due to mutual interference. Therefore, be sure to provide a minimum distance between the two sensors, as below charts.



Model	CR18	CR30
Item		
A	48	90
B	54	90

When sensors are mounted on metallic panel, you must prevent the sensors from being affected by any metallic object except target. Therefore, provide minimum distance as shown.



## Materials

### Materials of detecting targets

Detecting distance may be different by electrical characteristic of detecting target (Conductivity, Non dielectric constant) and status of water absorption, size etc.

### Effect by high frequency electrical field

It may cause malfunction by machinery which generate high frequency electrical field such as a washing machine etc.

### Surrounding environment

There is water or oil on surface of detecting part, it may cause malfunction.

And if the bottle for level detecting is coated by oil etc., it may cause malfunction.

Especially 15mm type has high sensitivity for induced objects, please be sure it is not coated.

### Oils

Do not let the 18mm sensor touch oils because the case is made of plastic.

Referencia: <http://es.autonics.com/upload/data/CR%28KE-07-0140B%29.pdf>

## ANEXO G

### G1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE 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 mín  
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.

FUENTE: <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>

Resultados de pruebas a la tensión de algunos metales\*

NÚMERO	MATERIAL	CONDICIÓN	RESISTENCIA				EXP. RESIST. A DEFORM., $m$	DEFORM. A LA FRACT., $\epsilon_f$
			DE FLUENCIA, $S_y$	ÚLTIMA, $S_u$	DE FRACTURA, $\sigma_f$	COEFICIENTE DE, $\sigma_0$		
			MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)		
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1)†	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130)†	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106)†	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	Q&T 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273)†	0.041	0.81
4142	Acero	Q&T 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255)†	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221)†	1410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233)†	1270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2)†	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3)†	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102)†	882 (128)	0.13	0.18

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

† Valor derivado.

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

Referencia: **Diseño en Ingeniería Mecánica, J Shigley y C. Mischke, 5<sup>ta</sup> Edición, pág. 861**

## G2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE AISI 420

### ACERO INOXIDABLE 420 (UNS S42000)

**1. Descripción:** éste acero inoxidable tiene buena ductilidad en la condición de recocido, pero es capaz de ser endurecido hasta 52 HRc, la dureza máxima que se puede conseguir en los aceros inoxidables con 12% de cromo. La mayor resistencia a la corrosión para este grado es lograda cuando el metal es endurecido y luego rectificado o pulido. En la condición de endurecido tiene buena resistencia a la atmósfera, alimentos, agua fresca y ácidos y bases medios. La resistencia a la corrosión es muy baja en la condición de recocido. No se recomienda utilizar en temperaturas mayores de los 370 °C

**2. Normas involucradas:** ASTM A 176

**3. Propiedades mecánicas:** Resistencia a la fluencia 345 MPa (50 KSI)  
Resistencia máxima 690 MPa (100 KSI)  
Elongación 15 % (en 50mm)  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)  
Dureza de suministro: 235 Brinell

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

**5. Propiedades químicas:** 0.15 % C mín  
1.00 % Mn  
1.00 % Si  
12.0 – 14.0 % Cr  
0.04 % P  
0.03 % S

**6. Usos:** para producir cuchillos, hojas de navaja, instrumentos quirúrgicos, válvulas de agujas, partes de tijeras.

**7. Tratamientos térmicos:** el recocido se logra luego de calentarlo hasta 845 – 900 °C, seguido de un enfriamiento lento en el horno hasta 535 °C y luego enfriamiento al aire. El endurecimiento se da con un calentamiento entre 980 – 1035 °C y con enfriamiento en aceite o al aire. El temple en aceite es necesario para piezas grandes. El revenido se hace entre 200 y 650°C, no se recomienda revenir entre 430 y 535 °C ya que la resistencia al impacto es muy baja.

**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.

FUENTE: <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20420.pdf>

## ANEXO H

### H1 - MÓDULO DE RIGIDEZ PARA ACERO COMÚN.

#### Constantes elásticas y físicas de materiales

MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD $E$		MÓDULO DE RIGIDEZ $G$		RELACIÓN DE POISSON $\nu$	PESO UNITARIO $w$		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

Referencia: **Diseño en Ingeniería Mecánica, J Shigley y C. Mischke, 5<sup>ta</sup> Edición, pág. 825**

# ANEXO I

## II – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC ARRAY

**ARRAY ELECTRONIC CO.,LTD**

# FAB GIANT

DC 12-24V  
INPUT 8xDC

ARRAY

I: 000000  
FR  
Q: \*000  
13:14:43

AF-10MR-D OUTPUT 4xRELAY/10A

**Phone connectable**

**Real time clock function**

**Voice warning**

**Networking & monitoring function**

**Program through FAB**

**Download remote program through MODEM**

**Removable LCD panel**

**Accept temperature & moisture analog input**

**Networking**



**127-set RTC control**  
Big capable 127-set of function-block programs, are specially designed for time control.

**Analog inputs receivable**  
With the help of our FAB, analog inputs can be easily received. Either a long distance monitoring or status of RTC execution on PC or to edit, alter program and parameter printing by MODEM simply with special connector.

**Easy programming**  
(1) You can program and modify directly on the LCD by pressing the button, so you need't any other special tools and connection.  
(2) Free software of programming and monitoring –QUICK II and FAB-scada.

**Initiative separated panel with LCD display**  
One LCD display plate is able to match w/multi FAB units for cost saving.

**Telephone connectable and voice warning**  
Monitoring through telephone digit or MODEM by the pre-set programs alter your required commands, even to program voice warning function available.

**ARRAY ELECTRONIC CO.,LTD**

## General Technical Characteristics

Certificate	CE
Programming Method	FBD
Program Size	127 Blocks
Program Memory	64K
LCD display	4 lines of characters
Counter	127
Timer	127
RTC	127
Storage temperature	-40°C~+70°C
Operating temperature	- 5°C~+55°C

## Application Scope

Automatic door control  
 Dispose of sewage automation  
 Lighting automation  
 Street lamp automation control  
 Agriculture irrigation&lighting control  
 Home work  
 Tunnel automatic light adjustment control  
 Fountain control system  
 Inter-city automation control  
 Neon streetlight control  
 Intelligent Residence control  
 Industrial automation  
 Factory school bell automation control  
 Machinery tool automation  
 Anti-burglary security system

## FAB PARTS

**AF-LCD** LCD panel



**AF-CAP** Common cover



**AF-C232** Interface between FAB and MODEM or PC



**AF-C485** Between FAB and PC for network



**AF-P485** Interface between computer and 485bus



**AF-MUL** Voice function module



**AF-M232** Interface between FAB and MODEM



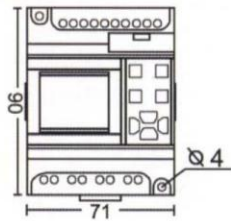
**QUICKII/FAB/SCADA** FAB programming and monitoring software



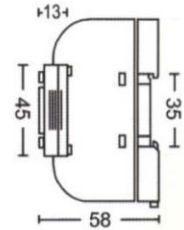
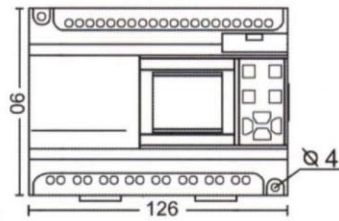


# FAB GIANT suitable for 35mm DIN rail or panel mounting

**AF-10 Series, FAB**  
Installation Dimension(mm)



**AF-20 Series, FAB**  
Installation Dimension(mm)



## Specification

Sequence	Model	Power Supply	Input	Output
1	AF-10MR-A	AC100~240V	6-Point AC Input	4-Point Relay Output
2	AF-10MR-E	AC/DC 12~24V	6-Point AC/DC Input	4-Point Relay Output
3	AF-10MT-E	DC 12~24V	6-Point DC Input	4-Point Transistor Output
4	AF-10MR-D	DC 12~24V	6-Point DC(Analog) Input	4-Point Relay Output
5	AF-10MT-D	DC 12~24V	6-Point DC(Analog) Input	4-Point Transistor Output
6	AF-20MR-A	AC100~240V	12-Point AC Input	8-Point Relay Output
7	AF-20MR-E	AC/DC 12~24V	12-Point AC/DC Input	8-Point Relay Output
8	AF-20MT-E	DC 12~24V	12-Point DC Input	8-Point Transistor Output
9	AF-20MR-D	DC 12~24V	12-Point DC(Analog) Input	8-Point Relay Output
10	AF-20MT-D	DC 12~24V	12-Point DC(Analog) Input	8-Point Transistor Output
11	AF-LCD	Removable LCD for programming		
12	AF-CAP	Common cover for representing the LCD panel		
13	AF-C232	Interface between FAB ,MODEM & PC		
14	AF-C485	Interface between FAB & RS 485 bus for networking & monitoring		
15	AF-P485	Interface between comport of PC & RS 485 bus for networking		
16	AF-MUL	Phone voice block for recording & broadcasting(AC power)		
17	AF-M232	Interface between AF-C232 & MODEM for communication		
18	CD-ROM	FAB software (including QUICK II & SCADA 3.0)		
19	AF-COPY	Copy module		
20	AF-MUL-D	Phone voice block for recording & broadcasing (DC power)		
21	AF-CMP	The connecting cable between To PC connection of the telephone voice module and PC		

## **ANEXO J**

### **J1 – MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

# MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

## Pasos a seguir en el uso de la máquina.

1. Colocar los brazos en la posición inicial.



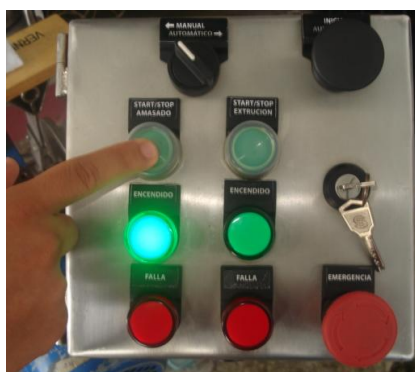
2. Colocar en los brazos el producto a amasar.



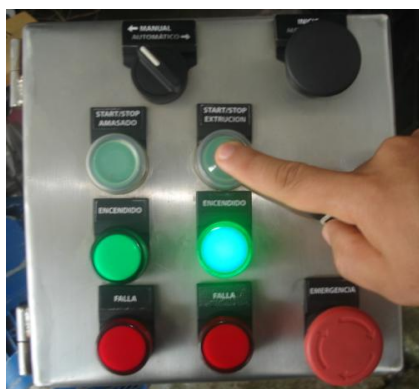
3. Escoger si se va a operar en manual o automático.
4. Si se opera en manual girar el selector a la izquierda.



5. Oprimir el pulsador para encender y apagar el motor de los brazos.



6. Oprimir el pulsador para encender y apagar el motor del tornillo.



7. Si se opera en automático girar el selector a la derecha.



8. Oprimir el pulsador INICIO.



9. En caso de presentarse cualquier emergencia se debe pulsar el botón EMERGENCIA.



### **Recomendaciones para mantenimiento.**

- Para un buen funcionamiento de la máquina, los brazos y el tornillo deben estar alineados correctamente, para evitar así posibles sobrecargas o averías de los motores.
- Observar la lubricación de la caja reductora de los motores, para evitar así el deterioro de los elementos mecánicos que lo componen.
- Verificar la tensión en la cadena, para evitar saltos en los dientes de los piñones.
- Proporcionar de una correcta lubricación a las chumaceras.
- Verificar periódicamente que los cables eléctricos y sus conexiones no presenten ningún desgaste para evitar así cortos circuitos.
- La parte más susceptible a daños es el sistema de control automático (PLC), por lo que se debe revisar periódicamente el correcto funcionamiento del mismo, y de igual manera realizar limpiezas continuas para evitar daños posteriores.
- La limpieza en general de toda la maquina se debe realizar con un paño húmedo y luego con una seco pero sin el uso de aceites o grasas.



**Inspección de Mantenimiento Preventivo.**

<b>INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AMASADORA DE MELCOCHAS Y CORTE EN PORCIONES</b>					
<b>ELEMENTO</b>	<b>Revisión</b>				<b>OBSERVACIONES</b>
	<b>Diario</b>	<b>Semanal</b>	<b>Quincenal</b>	<b>Mensual</b>	
Máquina	X				Limpieza de la Máquina.
Rodamientos				X	Verificar estado de la lubricación.
Piñón- Cadena				X	Limpieza y Lubricación. Verificar la tensión en la cadena.
Motores				X	Revisión del nivel de aceite de la caja de reducción
Tornillos, Tuercas y Uniones Soldadas		X			Verificar correcta sujeción.
Brazos	X				Verificar picaduras en los brazos y desfase de los mismos.
Tornillo de Extrusión	X				Verificar que no exista rozamiento con las partes y no presente desgaste en el mismo.
Cuchilla	X				Verificar filo de la cuchilla, el ajuste y posición de la misma.
Conexiones Electricas			X		Verificar buen aislamiento de cables.

**ANEXO K**

**PLANOS**