

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ACONDICIONAMIENTO FINAL DE CHOCOLATE

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

Rueda Barreno Diego Sebastian

(dsrb007@hotmail.com)

Sánchez Paredes Geovanny Alfonso

(geova.sanchez@outlook.com)

DIRECTOR: MSc. Mario Granja.

(mario.granja@epn.edu.ec)

CO-DIRECTOR: MSc. Patricio Estupiñan MSc.

(hestupinan@ilpm-ec.com)

Quito, Marzo 2015

DECLARACIÓN

Nosotros, Diego Sebastian Rueda Barreno y Geovanny Alfonso Sánchez Paredes, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Diego Sebastian Rueda Barreno

Geovanny Alfonso Sánchez Paredes

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Sebastian Rueda Barreno y Geovanny Alfonso Sánchez Paredes, bajo mi supervisión.

MSc. Mario Granja.

DIRECTOR DEL PROYECTO

MSc. Patricio Estupiñan MSc.

CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres que con su esfuerzo me apoyaron incondicionalmente para lograr culminar mis estudios y llegar a cumplir esta meta tan anhelada e importante en mi vida. A mi familia por su colaboración y cariño. A mi Director de Tesis Mario Granja y Codirector Patricio Estupiñan por la paciencia y apoyo en este largo camino. A mis amigos por cada locura que hicieron que esta aventura sea inolvidable, una experiencia realmente única. A mi mejor amigo y compañero de tesis Diego, gracias por tu apoyo absoluto para lograr nuestra meta. A Nelson por su amistad y colaboración para culminar el prototipo. En fin a cada persona que formó parte en este camino.

Geovanny Sánchez

A Dios por haberme protegido y guiado en todo este camino que he recorrido. A mis padres y hermanos que con su apoyo y guía incondicional permitieron que sea la persona que soy hoy y que cumpliera esta meta tan importante en mi vida. Para mí Director de Tesis Mario Granja y Codirector de Tesis Patricio Estupiñan, que con su acertada guía a lo largo de toda la realización del proyecto se convirtieron en más que un apoyo y guía en unos amigos que con sus recomendaciones permitieron que esto sea posible. A mi compañero de tesis Geovanny, que ha sido más que un compañero mi mejor amigo, con el que a pesar de todas las vicisitudes adversas que se presentaron en el camino nunca cambio ni se desmorono nuestra amistad, y solo decirle lo logramos amigo, por fin, lo logramos. Para una persona muy especial en mi vida Marjorie que estuvo a mi lado con sus palabras de apoyo en cada momento para seguir adelante con este proyecto, a mis amigos que más que amigos se convirtieron en parte de mi familia en toda esta etapa de mi vida. Agradecer a Nelson Gudiño que con su experiencia, a lo largo de todo este proyecto, ayudo con la fabricación de la máquina, brindándonos un asesoramiento acertado en la parte técnica y más que nada convirtiéndose en un gran amigo. Para finalizar a todas las personas que conforman esta institución y aportaron su granito de arena para que este objetivo se haga realidad.

Diego Rueda

DEDICATORIA

En este gran logro en mi vida, son mis padres Alfonso Sánchez y Rosa Paredes quienes se llevan todo el crédito, ya que ellos con su sacrificio, confianza, y amor estuvieron cada día sin descansar apoyandome para salir adelante, gracias por creen en mi.

Geovanny Sánchez.

A Dios, a mis Padres, Hermanos, Familiares y Amigos que compartieron cada momento de esta etapa de mi vida, haciéndola inolvidable.

Diego Rueda

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
CONTENIDO V	
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
NOMENCLATURA	XVI
RESUMEN.....	XIX
Capítulo 1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	21
1.1. CHOCOLATE.....	21
1.1.1. CHOCOLATE DE COBERTURA.....	21
1.1.2. CHOCOLATE BLANCO.....	21
1.1.3. CHOCOLATE FONDANT.....	22
1.1.4. CHOCOLATE CON LECHE.....	22
1.1.5. CHOCOLATE EN POLVO.....	23
1.1.6. CHOCOLATE AMARGO.....	23
1.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATE	24
1.2.1. ACONDICIONAMIENTO FINAL.....	25
1.3. CHOCOLATE EN EL ECUADOR	26
1.4. MATERIA PRIMA A UTILIZAR EN EL PROYECTO.....	28
1.4.1. CHOCOLATE AMBATEÑO	28
1.5. MÁQUINAS UTILIZADAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO	
FINAL DEL CHOCOLATE.....	29
1.5.1. MOLINO DE RODILLOS (TRITURADOR DE RODILLOS)	29
1.5.2. MOLINO DE MARTILLOS	31
1.5.3. MOLINOS DE FRICCIÓN	33
1.5.3.1. Molino de Disco Único.....	33
1.5.3.2. Molinos de Doble Disco	34
1.5.3.3. Molino de Piedras (Molino de Discos Dentados).....	34
1.5.4. MOLINOS DE TAMBOR	35
1.5.4.1. Molinos de Bolas	35

1.5.4.2. Molinos de Barras.....	35
1.6. APLICACIONES FRECUENTES DE MOLINOS.....	36
1.7. SELECCIÓN DEL MOLINO MÁS ADECUADO	37
1.7.1. GRANULOMETRÍA DE LAS PARTÍCULAS.....	37
1.7.2. CONTAMINACIÓN NULA DEL CHOCOLATE.....	37
1.7.3. TAMAÑO	37
1.7.4. FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	37
1.7.5. COSTO	38
1.7.6. LIMPIEZA	38
1.7.7. RUIDO Y VIBRACIÓN	38
1.8. ALTERNATIVA IDÓNEA DEL MOLINO	38
1.9. ESTRUCTURA FUNCIONAL Y ESTRUCTURA MODULAR	40
1.9.1. ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES	41
1.9.2. DEFINICIÓN DE MÓDULOS	42
1.9.3. SOLUCIÓN PARA CADA MÓDULO	42
1.9.3.1. Módulo 1	42
1.9.3.2. Módulo 2	42
1.9.3.2.1. Calentar el chocolate	43
1.9.3.2.2. Evaluación y selección de alternativas Módulo 2	45
1.9.3.3. Módulo 3	47
1.9.3.3.1. Transportare el Chocolate al Molino.....	47
1.9.3.3.2. Moler el Chocolate	49
1.9.3.3.3. Recircular el chocolate	51
1.9.3.3.4. Alternativas de Solución para Módulo 3.	54
1.9.3.3.5. Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 3	56
1.9.3.4. Módulo 4	59
1.9.3.4.1. Transmitir Potencia al Molino.	59
1.9.3.4.2. Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 4	62
1.9.3.5. Módulo 5	64
1.9.3.5.1. Controlar la separación entre discos	64
1.9.3.5.2. Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 5	66
1.9.3.6. Módulo 6	68

1.9.3.6.1. Permitir la salida del chocolate.	68
1.9.3.6.2. Ubicar el chocolate en un recipiente.	72
1.9.3.6.3. Evaluación y selección de alternativas Módulo 6.	72
1.9.4. SOLUCIÓN FINAL	75
Capítulo 2 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y DE MOLIENDA	77
2.1 CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA (CHOCOLATE)	77
2.1.2. COEFICIENTE DE ROZAMIENTO.	77
2.2 ELEMENTOS DE MOLIENDA	78
2.2.1 VELOCIDAD DEL DISCO	78
2.2.2 ÁNGULO DE CONICIDAD DEL DISCO	82
2.2.3 SELECCIÓN DE MATERIAL PARA LOS DISCOS	82
2.2.4 TORQUE NECESARIO PARA GIRAR EL DISCO MOTRIZ	82
2.3 POTENCIA DEL MOTOR	84
2.4 POLEAS	84
2.1.3. DIÁMETRO MÍNIMO PARA LA POLEA.	85
2.1.4. FUERZA EJERCIDA POR LA POLEA	86
2.5 DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL	86
2.1.5. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EJE	87
2.1.6. DIAGRAMAS DE FUERZA CORTANTE (V) Y MOMENTO FLECTOR (M)	87
2.1.7. CÁLCULO DEL DIÁMETRO MÍNIMO	88
2.1.8. DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL EJE	89
2.1.8.1. Soporte en el apoyo A y en el apoyo B	89
2.1.9. DISEÑO DINÁMICO	90
2.1.9.1. Diagrama de Momento y Cortante	90
2.6 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y SOPORTE	93
2.7 RESISTENCIA ELECTRICA	93
2.8 CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO POR ELEMENTOS FINITOS	96
2.1.10.SOPORTE DISCO FIJO	96
2.1.11.RECIPIENTE	99
2.9 ESTRUCTURA	102

Capítulo 3 CONSTRUCCIÓN, MONTAJE, PROTOCOLO DE PRUEBAS Y AJUSTES DE LA MÁQUINA.....	110
3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	110
3.1.1.1 Máquinas y Herramientas	110
3.1.1.2 Herramientas	111
3.1.1.3 Instrumentos De Medición	111
3.1.1.4 Materia Prima	112
3.1.1.5 Elementos Normalizados	112
3.1.1.6 Elementos Adicionales.....	112
3.2 HOJA DE PROCESOS	113
3.3 ELEMENTOS A CONSTRUIR	113
3.4 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA PROTOTIPO	114
3.5 MONTAJE DE LA MÁQUINA.....	117
3.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS Y AJUSTES DE LA MÁQUINA.....	124
3.7 PRUEBAS DE CAMPO	127
3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	128
Capítulo 4 ANÁLISIS ECONÓMICO	134
4.1 MATERIALES	134
4.2 MATERIALES NORMALIZADOS	135
4.3 MAQUINADO Y MANO DE OBRA	138
4.4 SERVICIO DE CORTE.....	138
4.5 COSTO TOTAL	139
Capítulo 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
CONCLUSIONES.....	140
RECOMENDACIONES.....	142
Capítulo 6 BILIOGRAFÍA.....	143
Capítulo 7 ANEXOS	144
ANEXO 1 CATÁLOGO SIEMENS DE MOTORREDUCTORES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.3.	144
ANEXO 2 FACTOR DE SERVICIO,CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.	145
ANEXO 3 DIAGRAMA VELOCIDAD VS. POTENCIA PARA EL TIPO DE BANDA, CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.	146

ANEXO 4 DIÁMETRO MÍNIMO PARA POLEAS DE ACUERDO A LA POTENCIA Y VELOCIDAD; CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.....	147
ANEXO 5 TIPO DE BANDA; CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.	148
ANEXO 6 TIPO DE POLEAS; CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.	149
ANEXO 7 FACTOR DE SUPERFICIE; SHIGLEY EDWARD; DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.9.....	149
ANEXO 8 FACTOR DE CONFIABILIDAD; SHIGLEY EDWARD; DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.9.....	150
ANEXO 9 FACTOR DE TEMPERATURA Y FACTOR DE SENSIBILIDAD A LA RANURA; SHIGLEY EDWARD; DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.9.....	150
ANEXO 10 RODAMIENTOS; CATÁLOGO SKF ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.6.....	151
ANEXO 11 SOPORTE DE RODAMIENTOS; CATÁLOGO SKF ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.6.1.	152
ANEXO 12 DEMOSTRACIÓN DE LA ECUACIÓN PARA EL TORQUE DE GIRO NECESARIO ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.2.3.....	152
ANEXO 13 ALAMBRE DE RESISTENCIA - TAMAÑOS EN EXISTENCIA - ALAMBRE REDONDO RW80 ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.7.....	154
ANEXO 14 DIAGRAMA CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL.....	156
ANEXO 15 MODO DE USO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL.....	157
ANEXO 16 PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR.	159
ANEXO 17 HOJAS DE PROCESOS.....	161

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Principales Países Exportadores de Cacao	26
Tabla 1.2 Principales Países Importadores de Cacao.....	27
Tabla 1.3 Aplicaciones Frecuentes de Molinos	36
Tabla 1.4 Calificación de Parámetros de Trabajo.....	38
Tabla 1.5 Evaluación de Cada Criterio	45
Tabla 1.6 Evaluación del Criterio Implementación.	46
Tabla 1.7 Evaluación del Criterio Temperatura Constante.....	46
Tabla 1.8 Evaluación del Criterio Calentamiento Rápido.	46
Tabla 1.9 Evaluación del Criterio Mantener Líquido.....	47
Tabla 1.10 Conclusiones.....	47
Tabla 1.11 Alternativas de Solución Módulo 3	54
Tabla 1.12 Evaluación de Cada Criterio.....	56
Tabla 1.13 Evaluación del Criterio Implementación.	57
Tabla 1.14 Evaluación del Criterio Vibración.....	57
Tabla 1.15 Evaluación del Criterio Recirculación.	58
Tabla 1.16 Evaluación del Criterio Vaciado.....	58
Tabla 1.17 Evaluación del Criterio Costo.	58
Tabla 1.18 Conclusiones.....	59
Tabla 1.19 Evaluación de Cada Criterio.....	62
Tabla 1.20 Evaluación del Criterio Precio.	63
Tabla 1.21 Evaluación del Criterio Distancia.....	63
Tabla 1.22 Evaluación del Criterio Mantenimiento	63
Tabla 1.23 Conclusiones.....	64
Tabla 1.24 Evaluación de Cada Criterio.....	66
Tabla 1.25 Evaluación del Criterio Ajuste del Disco.....	67
Tabla 1.26 Evaluación del Criterio Limpio.....	67
Tabla 1.27 Evaluación del Criterio Rápido.	67
Tabla 1.28 Evaluación del Criterio Control de la Separación.	68

Tabla 1.29 Conclusiones.....	68
Tabla 1.30 Evaluación de Cada Criterio.....	72
Tabla 1.31 Evaluación del Criterio Implementación.....	73
Tabla 1.32 Evaluación del Criterio Salida.....	73
Tabla 1.33 Evaluación del Criterio Mantenimiento.....	73
Tabla 1.34 Evaluación del Criterio Giro Mínimo.....	74
Tabla 1.35 Conclusiones.....	74

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Resultado de Pruebas para el Coeficiente de Rozamiento.....	78
Tabla 2.2 Resultado del Límite de Resistencia a la Fatiga.....	92
Tabla 2.3 Factores de Seguridad de Cada Una de las Secciones.....	93
Tabla 2.4 Factor de Seguridad Según Espesor.....	101
Tabla 2.5 Diagramas de Eje Móvil.....	102
Tabla 2.6 Cargas en Columnas.....	106

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Elementos a ser construidos.....	113
Tabla 3.2 Pasos Para el Montaje de la Máquina Prototipo.....	117
Tabla 3.3 Tabla Resumen del Protocolo de Pruebas y Ajustes.....	126
Tabla 3.4 Resultados de Protocolo de Pruebas y Ajustes.....	129

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1 Materiales (Materia Prima).....	134
Tabla 4.2 Materiales Normalizados.....	135
Tabla 4.3 Maquinado y Mano de Obra.....	138
Tabla 4.4 Servicio de Corte por Plasma.....	138
Tabla 4.5 Costo Total de la Máquina Prototipo.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Chocolate de Cobertura	21
Figura 1.2 Chocolate blanco.....	22
Figura 1.3 Chocolate Fondant.....	22
Figura 1.4 Chocolate con Leche.....	23
Figura 1.5 Chocolate en Polvo.....	23
Figura 1.6 Chocolate Amargo.....	24
Figura 1.7 Chocolate Ambateño Amargo	29
Figura 1.8 Esquema de un Molino de Rodillos.....	30
Figura 1.9 Molino de Rodillos	31
Figura 1.10 Esquema de un Molino de Martillos.....	32
Figura 1.11 Molino de Martillos.....	32
Figura 1.12 Molinos de Fricción: a) Disco Único, b) Doble Disco c) Molino de Piedras.....	33
Figura 1.13 Molinos de Disco Único.....	34
Figura 1.14 Molino de Tambor: De Bolas.....	35
Figura 1.15 Molino de Tambor: De Barras	36
Figura 1.16 Molino: b) Doble Disco, c) Discos Dentados	39
Figura 1.17 Estructura Funcional	41
Figura 1.18 Estructura Modular	42
Figura 1.19 Calentamiento por Agua y Resistencia	43
Figura 1.20 Calentamiento por Resistencia	44
Figura 1.21. Tornillo sin fin	48
Figura 1.22. Discos Convexos.....	49
Figura 1.23. Discos Concavos.....	50
Figura 1.24. Discos Rectos	51
Figura 1.25. Recirculación por Gravedad.....	52
Figura 1.26. Recirculación por Gravedad.....	53
Figura 1.27 Solución A.....	55
Figura 1.28 Solución B.....	55
Figura 1.29 Solución C.....	56
Figura 1.30 Transmisión por Cadenas	59

Figura 1.31 Transmisión por Engranajes	60
Figura 1.32 Transmisión por Correas y Bandas	61
Figura 1.33 Ajuste por Tornillo Interno	64
Figura 1.34 Ajuste por Tornillo Externo	65
Figura 1.35 Recipiente y Válvula de Paso	69
Figura 1.36 Recipiente y Compuerta	70
Figura 1.37 Recipiente y Vertedor	71
Figura 1.38 Solución Final para la Máquina de Chocolate	75
Figura 1.39 Solución Final para la Máquina de Chocolate	76

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Trayectoria de una Particula de Chocolate.	79
Figura 2.2 Descomposición de Velocidades.....	79
Figura 2.3 Máximo Ángulo de Lanzamiento.	81
Figura 2.4 Esquema del Conjunto de Discos	82
Figura 2.5 Esquema del Disco Cónico.	83
Figura 2.6 Datos para el Cálculo del Disco.	83
Figura 2.7 Diagrama de Cuerpo Libre del Eje	87
Figura 2.8 Diagramas de Esfuerzo Cortante y Momento Flector.....	88
Figura 2.9 Geometría del Eje.	89
Figura 2.10 Diagramas de Esfuerzo Cortante y Momento Flector.....	90
Figura 2.11 Resistencia Eléctrica.	94
Figura 2.12 Soporte y Disco Fijo	97
Figura 2.13 Simulación Disco Fijo Con Su Eje	98
Figura 2.14 Soporte Disco.....	98
Figura 2.15 Resultados Simulación Soporte Disco.	99
Figura 2.16 Diagrama de Fuerzas.....	100
Figura 2.17 Resultados Simulación Recipiente	101
Figura 2.18 Reacciones en los Elementos a Flexión.....	103
Figura 2.19 Estructura Soporte Final.....	105
Figura 2.20 Reacciones en Cada Columna.....	106
Figura 2.21 Diagrama Frontal de la Estructura.....	107

Figura 2.22 Resultados Simulación Estructura.....	108
Figura 2.23 Perfiles Necesarios Para la Construcción.	109

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Disco Móvil.....	115
Figura 3.2 Retenedor Tapa A.	115
Figura 3.3 Fabricación del Disco Móvil.....	116
Figura 3.4 Limpieza del Soporte del Disco Fijo.	116
Figura 3.5 Fabricación de la Estructura Soporte.	117
Figura 3.6 Montaje Recipiente.....	120
Figura 3.7 Montaje Eje Motriz.....	120
Figura 3.8 Montaje Motor en Templador.	121
Figura 3.9 Montaje Disco Móvil.	121
Figura 3.10 Montaje Soporte Disco Fijo.	122
Figura 3.11 Montaje Placa Tope.	122
Figura 3.12 Montaje Control Eléctrico.	123
Figura 3.13 Montaje Control Eléctrico.	123
Figura 3.14 Máquina Final.....	124
Figura 3.15 Funcionamiento del Control Eléctrico.....	127
Figura 3.16 Funcionamiento del Molino Acondicionador.....	128
Figura 3.17 Tamaño de Grano del Chocolate	129
Figura 3.18 Tamaño de Grano del Chocolate a las 12 horas	131
Figura 3.19 Tamaño de Grano del Chocolate a las 24 horas	131
Figura 3.20 Tamaño Final de Grano del Chocolate.....	132
Figura 3.21 Curva de Calentamiento del Chocolate.....	133

CAPÍTULO 7

Figura 7.1 Catálogo Siemens;pág. 2/30	144
Figura 7.2 Catalogo de Bandas GATES;pág. B2	145
Figura 7.3 Catalogo de Bandas GATES; pág. B1	146
Figura 7.4 Catalogo de Bandas GATES; pág. B4	147

Figura 7.5 Tipo de Banda.....	148
Figura 7.6 Tipo de Polea	149
Figura 7.7 Parámetros para el Factor de Superficie.....	149
Figura 7.8 Factor de Confiabilidad	150
Figura 7.9 Factor de Temperatura.....	150
Figura 7.10 Factor de Sensibilidad A Las Ranuras	151
Figura 7.11 Rodamientos de rodillos.....	151
Figura 7.12 Características de la Chumacera SNL 505	152
Figura 7.13 Datos para el Cálculo del Disco.	152
Figura 7.14 Tamaños de Alambre para Resistencia	155
Figura 7.15 Diagrama del Circuito Eléctrico de Control.....	156
Figura 7.16 Caja de Control Eléctrico.....	157

NOMENCLATURA

- V_o : Velocidad inicial de la gota de chocolate [m/s].
- V_{ox} : Velocidad inicial de la gota de chocolate en el eje x [m/s].
- V_{oy} : Velocidad inicial de la gota de chocolate en el eje y [m/s].
- g : Gravedad [m/s^2].
- t : Tiempo [s].
- r : Posición [m].
- α : Ángulo de lanzamiento de la gota de chocolate [$grados$].
- h_{max} : Altura máxima que alcanza la gota de chocolate [m].
- t_s : Tiempo de subida de la gota de chocolate [s].
- A : Alcance máximo de la gota de chocolate [m].
- ω : Velocidad angular del disco [rad/s].
- n : Velocidad del disco [rpm].
- T : Torque [$kg.m$].
- μ : Viscosidad del chocolate [$kg/m.s$].
- R : Radio del disco [m].
- e : Espacio entre discos [m].
- β : Ángulo de conicidad [$grados$].
- P_{req} : Potencia requerida para realizar la molienda [W].
- P : Potencia real del motor [W].
- η : Eficiencia del mecanismo del motor.
- $P_{servicio}$: Potencia de servicio [HP].

- V_{lineal} : Velocidad lineal de la banda [m/s].
- D : Diámetro de la polea [$pulg$].
- F_p : Fuerza ejercida por la polea [N].
- P_{DISCO} : Peso del disco [N].
- R_{AY} : Reacción en y en el punto A del eje [N].
- R_{BY} : Reacción en y en el punto B del eje [N].
- M : Momento [$N - m$].
- d : Diámetro mínimo del eje [m].
- S_y : Esfuerzo de fluencia del material [MPa].
- T : Torsión [$N - m$].
- S_e : Límite de resistencia a la fatiga corregido [MPa].
- S'_e : Límite de resistencia a la fatiga de la probeta [MPa].
- ka : Factor de Superficie
- kb : Factor de tamaño
- kc : Factor de confiabilidad
- kd : Factor de temperatura
- ke : Factor de modificación por concentración de esfuerzos
- kf : Factor de efectos diversos
- S_{ut} : Esfuerzo último del material [MPa].
- Q : Calor necesario para calentar la materia prima [J].
- C_p : Calor específico del material [$J/kg^{\circ}C$].
- m : Masa de chocolat [kg].

R_t : Resistencia a la temperatura de calentamiento [Ω].

V : Voltaje nominal [*Voltios*].

R : Resistencia del elemento a 20°C [Ω].

F : Factor de resistencia-temperatura.

ρ : Densidad del chocolate [g/cm^3].

Vol_{recip} : Volumen del recipiente [cm^3].

$\sigma_{m\acute{a}x}$: Esfuerzo máximo en el elemento [*Ksi*].

S_{XX} : Módulo de la resistencia elástica [*pulg*³].

FS : Factor de Seguridad.

$[\sigma]_{Material}$: Esfuerzo del material [*Ksi*].

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal diseñar y construir una máquina que se encargue de proporcionar un valor agregado al chocolate artesanal producido por las pequeñas microempresas, realizando el acondicionamiento final necesario del chocolate para mejorar el producto final y así incentivar la producción de chocolate en nuestro país y que no se limite solo a la producción y exportación de materia prima como lo es el cacao en este caso. Para el desarrollo del mismo se ha dividido en cinco capítulos.

El primer capítulo es un estudio teórico, en donde se describe las definiciones de chocolate, así como también el proceso que se necesita para la obtención del mismo enfocándose en los procesos en que consiste el acondicionamiento final del chocolate; además se presenta un antecedente del porqué de este proyecto de titulación indicando cifras de producción de chocolate y otros derivados del cacao en el país comparadas con la producción de la materia prima, el cacao. Asimismo se presenta los diferentes tipos de máquinas utilizadas para realizar el acondicionamiento del chocolate, realizando la selección del tipo de mecanismo de molienda a utilizar en el proyecto de titulación. Para finalizar se presenta el diseño concurrente realizado para obtener las mejores opciones de los diferentes mecanismos que se utiliza para un óptimo funcionamiento de la máquina.

En el segundo capítulo se presenta el diseño de los diferentes elementos estructurales y de molienda de la máquina como son: el motor, la estructura, los discos, sistema de transmisión de potencia, eje motriz, sistema de calentamiento, recipiente; en algunos casos con la utilización de el software de diseño Autodesk Inventor Professional 2014 y Autodesk Robot Structural 2014

El tercer capítulo se centra en el proceso de construcción, montaje y el protocolo de pruebas y ajustes realizados, indicando las diferentes máquinas y herramientas utilizadas, así como también las pruebas y los instrumentos de medición utilizados para realizar las pruebas que garanticen un óptimo funcionamiento de la máquina. Además se muestra los pasos realizados para el

montaje de la misma y un análisis de los resultados obtenidos de las pruebas de campo realizadas.

En el capítulo cuatro se presenta los costos de todos los elementos que conforman la máquina, tanto elementos normalizados como elementos fabricados; de igual forma se presenta costos de maquinado, mano de obra y de diseño para obtener un valor de comercialización de la máquina.

Finalmente, en el capítulo 5 se describen las conclusiones y recomendaciones que han surgido durante el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO 1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. CHOCOLATE

El chocolate como se lo conoce proviene de la mezcla de azúcar con derivados del cacao, tales como, la pasta de cacao y la manteca de cacao. Dependiendo del tipo del chocolate que se quiera obtener se combinan distintos ingredientes, obteniendo entre los más conocidos los siguientes:

1.1.1. CHOCOLATE DE COBERTURA.

Es utilizado por los reposteros profesionales para cubrir pasteles, bombones. Puede ser moldeado en capas sumamente finas ya que tiene un 32% de manteca de cacao. Ver Figura 1.1



Figura 1.1 Chocolate de Cobertura

1.1.2. CHOCOLATE BLANCO.

Contiene el 20% de manteca de cacao y un adicional de leche y azúcar. Figura 1.2



Figura 1.2 Chocolate blanco.

1.1.3. CHOCOLATE FONDANT.

Compuesto por un 40% de pasta de cacao y 40% de manteca de cacao. También utilizado en repostería y en la cobertura de bombones. Ver Figura 1.3



Figura 1.3 Chocolate Fondant.

1.1.4. CHOCOLATE CON LECHE.

Combinación del cacao con leche, se encuentra en variedades que poseen de entre un 20% hasta un 50% de pasta de cacao. Figura 1.4



Figura 1.4 Chocolate con Leche.

1.1.5. CHOCOLATE EN POLVO.

Es la parte del cacao sin la manteca de cacao. Se utiliza para la preparación de bebidas. Figura 1.5



Figura 1.5 Chocolate en Polvo.

1.1.6. CHOCOLATE AMARGO.

También conocido como negro, o sin leche, contiene cacao puro en por lo menos un 34% de su composición. A medida que este porcentaje se incrementa, mejor será la calidad del chocolate, de hecho, los de alta calidad deben tener por lo menos un 60% de cacao. Los chocolates amargos de alta calidad se caracterizan por contener pocas proporciones de azúcar, solo se la usa para que el sabor mejore, por lo que nunca debe usarse en exceso. Hay algunos chocolates sin

azúcar que llegan a tener un 98% de cacao aunque resultan difíciles de conseguir. Ver Figura 1.6



Figura 1.6 Chocolate Amargo.

1.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATE

- Los granos de cacao son sometidos a un proceso de limpieza donde se procura extraer elementos extraños como piedras y otros que pudieran haber venido desde su origen.
- Una vez limpio, el cacao es tostado bajo estrictos controles de tiempo y temperatura. Este es un proceso importante, porque define el gusto y aroma que posteriormente resaltarán en el chocolate.
- El cacao tostado luego es descascarillado, es decir se retira la "cáscara" que lo cubre. Como resultado, el interior del grano ya partido continúa el proceso de fabricación.
- Los granos de cacao son sometidos a un proceso de molienda. La temperatura en el molino ayuda a que se desprenda el alto contenido de grasa presente en los granos, haciendo que los fragmentos de cacao sólido se conviertan en una pasta conocida como "pasta, masa o licor de cacao".
- El licor de cacao es el ingrediente principal en la mezcla de un chocolate. Pero adicionalmente se le puede prensar para obtener dos subproductos, manteca de cacao (grasa contenida en el licor) y torta de cacao (parte sólida del licor). La torta de cacao es comúnmente sometida a una molienda fina para obtener el cacao en polvo, ingrediente muy utilizado en la pastelería tradicional.

- Los ingredientes que llevará el chocolate se unen inicialmente en el mezclador. En los chocolates negros solo se utiliza licor de cacao y azúcar en una proporción que determina el tipo de cobertura obtenida: dulce, semiamarga o amarga a medida que se aumenta la proporción de licor sobre la de azúcar. Para la preparación del "chocolate con leche" se le suma leche en polvo a la fórmula.

1.2.1. ACONDICIONAMIENTO FINAL.

- La mezcla inicial es luego procesada en refinadoras de 5 cilindros con el objetivo de disminuir el tamaño de las partículas, de tal forma que el chocolate final sea suave al paladar evitando así la sensación de arenosidad que suelen presentar chocolates mal procesados.
- El chocolate refinado es luego depositado en tanques o "concas" donde es sometido a un batido intenso durante aproximadamente 24 horas. En este proceso, conocido como conchado, se busca por un lado redondear las diminutas partículas ya refinadas y adicionalmente extraer los componentes volátiles no deseables presentes todavía en la mezcla. Se trata principalmente de ácidos provenientes del cacao que no aportan aroma en el chocolate sino solamente astringencia y amargor. El tipo de conchado y duración los elige el productor a su criterio y en gran forma determinan las características propias de cada chocolate.¹

Con esto se obtiene chocolate líquido, que sirve como insumo para las industrias de confitería, panadería y productos lácteos, o bien es transformado en barras de chocolate para su venta en el mercado industrial. Finalmente, las barras industriales son procesadas para la elaboración de las distintas presentaciones de chocolate.²

A partir de esta combinación se elaboran los distintos tipos de chocolate, que solo dependen de la forma y proporción de mezclador de los mismos, o de la añadidura de otros elementos como leche o frutos secos.³

¹ <http://www.lineaysalud.com/alimentos/415-chocolate-proceso-cacao.html>

² UTEPI, 2007. "Cacao. Estudio Agroindustrial en el Ecuador"

³ <http://es.wikipedia.org/wiki/Chocolate>

1.3. CHOCOLATE EN EL ECUADOR

La producción de cacao en el país está dirigida en su gran mayoría a la exportación en grano, debido a esto, solo una quinta parte de la producción total se dirigió a la industria nacional para la elaboración de procesados de cacao y chocolate para consumo local.

La baja producción de derivados de cacao se debe a que la exportación del cacao en grano ha sido a lo largo de los años mucho más atractiva que su procesamiento. En la Tabla 1.1 se puede apreciar que Ecuador se encuentra dentro de los principales países exportadores en el mundo.

Tabla 1.1 Principales Países Exportadores de Cacao

Ranking	País	Exportación (TM)
1	Costa de Marfil	992,928.47
2	Ghana	357,057.58
3	Indonesia	266,291.95
4	Camerún	126,817.45
5	Bélgica	71,121.66
6	Ecuador	66,222.91
7	Holanda	57,058.24
8	Estonia	55,919.49
9	República Dominicana	40,341.88
10	Malasia	25,656.12
11	Estados Unidos	21,179.58
12	Reino Unido	17,317.34
13	Alemania	12,018.85
14	Dinamarca	10,111.78
15	Togo	10,053.87
16	Singapur	8,279.46
17	Tanzania	5,254.44
18	Francia	5,195.02
19	Madagascar	4,432.38
20	Venezuela	3,637.51

Fuente: FAO

Elaboración: UTEPI

En el caso del cacao fino y de aroma que se produce en el Ecuador, su máximo rendimiento se obtiene cuando se lo utiliza en la elaboración de chocolates finos, es decir, cuando se brinda un valor agregado al cacao.

Lastimosamente esto no se realiza en Ecuador, dando como resultado que las exportaciones de chocolate y productos intermedios provengan de los países industrializados.

Como dato se tiene que el 94% de las exportaciones de chocolate fino se originan en la Unión Europea, Estados Unidos y los países agrupados en la categoría Resto del Mundo. En la Tabla 1.2 se observa claramente que los países que más importan cacao son los que más chocolate producen y exportan.

Tabla 1.2 Principales Países Importadores de Cacao

Ranking	País	Exportación (TM)
1	Holanda	475,180.66
2	Estados Unidos	386,424.14
3	Alemania	212,050.80
4	Francia	168,426.04
5	Malasia	166,226.05
6	Reino Unido	137,872.26
7	Bélgica	132,096.00
8	Italia	77,612.32
9	España	71,881.70
10	Rusia	64,074.78
11	Japón	63,603.59
12	Estonia	61,300.04
13	Turquía	60,547.10
14	Brasil	59,685.41
15	Canadá	58,383.28
16	China	51,008.31

17	Singapur	38,862.50
18	Suiza	26,606.81
19	Indonesia	26,377.24
20	Austria	24,542.95

Fuente: FAO

Elaboración: UTEPI

A pesar de este desfavorable panorama, en el Ecuador existen dos tipos de empresas procesadoras de cacao, las que elaboran productos intermedios y las que producen chocolate, dentro de las más representativas del primer grupo se tiene a Triani S.A., Lescano, Edeca S.A., y Ecuacocoa, mientras que de los productores de chocolate a Chocolates Noboa y Ferrero del Ecuador. También existe la multinacional Nestlé que tiene participación en los dos grupos.

Además en el Ecuador se tiene microempresas que se dedican a la producción del chocolate como tal, con la particularidad de que la manufactura de los mismos se la realiza de manera artesanal, la mayoría de estas se encuentran ubicadas en Ambato.

1.4. MATERIA PRIMA A UTILIZAR EN EL PROYECTO

Para realizar el acondicionamiento final del chocolate, se parte del chocolate amargo, debido a que, este es el que posee el mayor porcentaje de pureza en lo que a cacao se refiere.

1.4.1. CHOCOLATE AMBATEÑO

Este chocolate tiene una tradición de más de 100 años generada en la parroquia Huachi Chico de la ciudad de Ambato. En su gran mayoría se produce en microempresas con la realización de las tabletas de manera artesanal.

El chocolate que se produce comúnmente en esta ciudad es el del tipo amargo y semiamargo. Para el caso de este proyecto se utiliza el chocolate amargo, ya que, este posee un porcentaje alto de pureza, casi el 100%, lo cual hace que sea un chocolate de muy alta calidad en lo que a sabor se refiere, convirtiéndose en la materia prima ideal para el acondicionamiento. Figura 1.7



Figura 1.7 Chocolate Ambateño Amargo

1.5. MÁQUINAS UTILIZADAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO FINAL DEL CHOCOLATE.

Para el acondicionamiento del chocolate se debe entender los medios de reducción de tamaño de las partículas, ya que se cuenta con una variedad de máquinas para una determinada aplicación. Se indica a continuación las principales máquinas utilizadas en la industria alimenticia para la reducción de tamaño de las partículas.⁴

1.5.1. MOLINO DE RODILLOS (TRITURADOR DE RODILLOS)

Esta máquina tiene dos o más rodillos de acero que giran en sentidos contrarios. Las partículas de la carga quedan atrapadas y son obligadas a pasar entre los rodillos, siendo trituradas por la fuerza de compresión y esfuerzos de cizalla. Las relaciones de reducción de tamaño en general son pequeñas e inferiores a 5.

⁴ ONWULATA, Charles. *Encapsulated and Powdered Foods*. USA: Taylor & Francis Group, 2005. 514p.

Dispone de un resorte de compresión para el exceso de carga, a fin de proteger la superficie de los rodillos. Figura 1.8

Los rodillos trituradores se utilizan para una trituración intermedia y se usan mucho en la molienda del trigo. En otros casos, la superficie de los rodillos puede ser estriada, para facilitar la fricción y la separación. Figura 1.9

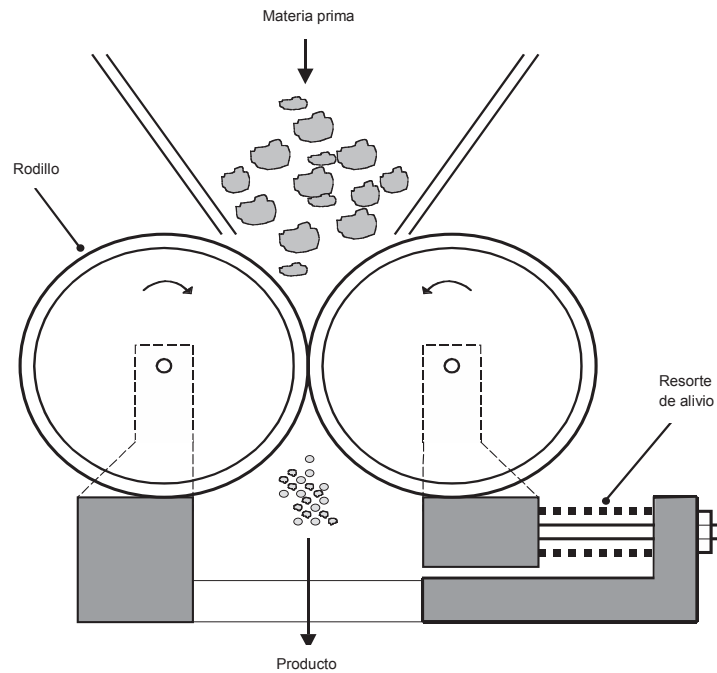


Figura 1.8 Esquema de un Molino de Rodillos.



Figura 1.9 Molino de Rodillos⁵

1.5.2. MOLINO DE MARTILLOS

Este tipo de molino de impacto o percusión es común en la industria alimenticia. Un eje rotatorio que gira a gran velocidad, lleva un collar con varios martillos en su contorno (Figura 1.10). La reducción del tamaño se debe principalmente a las fuerzas de impacto. Con frecuencia, los martillos se sustituyen por barras. Se utilizan mucho en la industria alimenticia para moler especias, leche deshidratada, azúcares, etc. No se recomienda para la molienda fina de materiales muy duros, por el excesivo desgaste que sufren. Figura 1.11

⁵ Fuente: http://es.made-in-china.com/co_sailingtosun/product_YS-Series-Full-Hydraulic-Three-Roll-Mill-Grinder-with-PLC-Optional-Triple-Roll-Mill-Three-Roll-Mill-Hydraulic-Three-Roll-Grinder_eushigseg.html

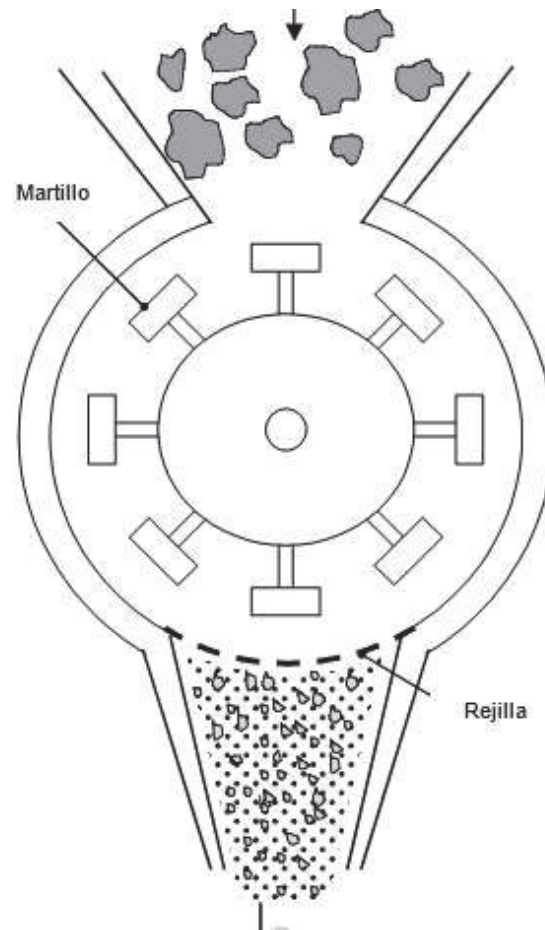


Figura 1.10 Esquema de un Molino de Martillos.

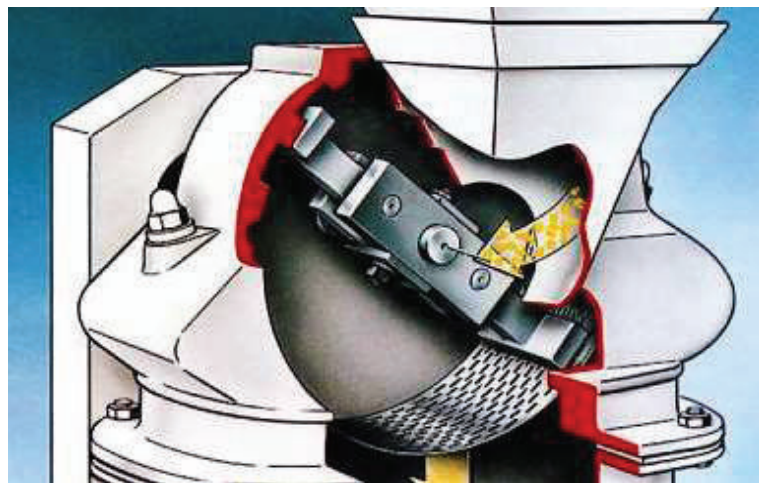


Figura 1.11 Molino de Martillos.⁶

⁶ Fuente: <http://www.interempresas.net/Alimentaria/FeriaVirtual/Producto-Molino-de-martillos-Alpine-25-MZ-35211.html>

1.5.3. MOLINOS DE FRICCIÓN

Los molinos que utilizan las fuerzas de cizalla para la reducción de tamaño juegan un papel primordial en la molienda fina. Como la molienda se usa en la industria alimenticia fundamentalmente para producir partículas de tamaño muy pequeño, esta clase de molinos es muy común. Figura 1.12

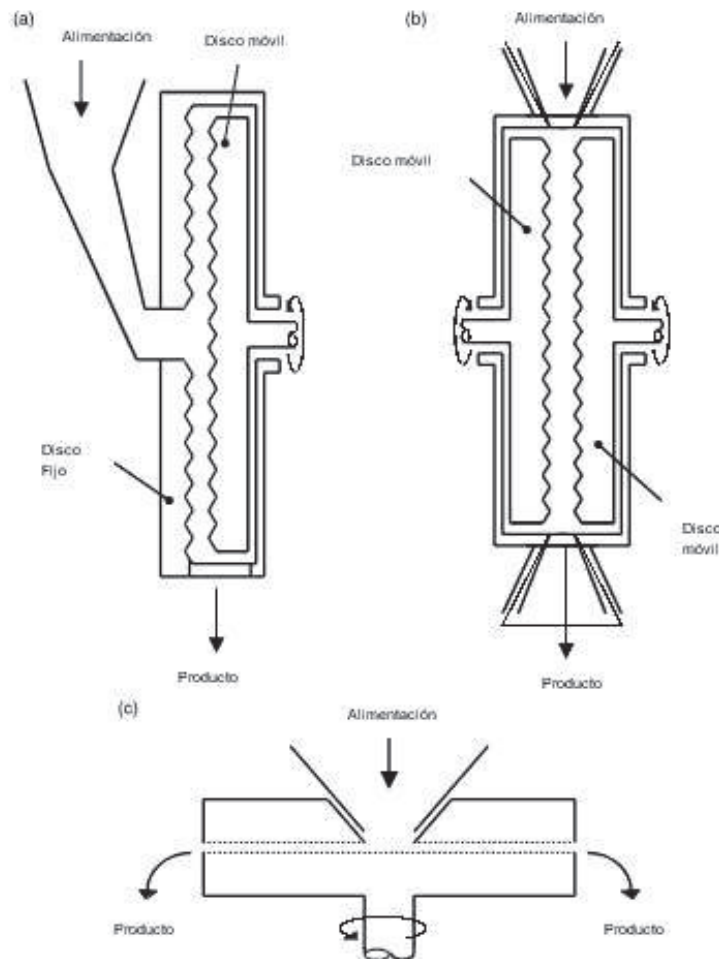


Figura 1.12 Molinos de Fricción: a) Disco Único, b) Doble Disco c) Molino de Piedras.

1.5.3.1. Molino de Disco Único

En este modelo, los materiales de partida o de alimentación, pasan a través del espacio que queda entre un disco estriado, que gira a gran velocidad, y la armadura estacionaria del molino. La trituración de la carga se debe a la intensa acción cizallante. La separación entre el disco y la armadura se puede variar,

según el tamaño de las materias primas y las exigencias del producto acabado.
Figura 1.12 a)



Figura 1.13 Molinos de Disco Único⁷

1.5.3.2. Molinos de Doble Disco

En esta modificación, la armadura tiene dos discos, que giran en dirección opuesta, generando un esfuerzo de cizalla mayor que la que se puede conseguir con los molinos de disco único. Este tipo de molinos cizallantes se utiliza mucho en la molienda de arroz y maíz. Figura 1.12 b)

1.5.3.3. Molino de Piedras (Molino de Discos Dentados)

Es el tipo más antiguo de molino de disco, y fue utilizado originalmente como molino harinero. Sobre un eje, se montan dos piedras circulares. La superior, que por lo general es fija, tiene una boca para la entrada de carga. La inferior gira y la carga pasa por el espacio que queda entre las dos piedras. Los productos, una vez sometidos a la fuerza de cizalla desarrollada entre ambas piedras, salen por el borde de la piedra inferior. En algunos modelos, las dos piedras giran, en

⁷ Fuente: <http://news.directindustry.es/press/fritsch/molino-disco-superior-preparacion-muestra-multa-eficiente-que-muele-abajo-um-100-15376-400465.html>

sentido opuesto. En las maquinas modernas, las piedras "naturales" o "artificiales" están siendo sustituidas por acero endurecido. Este tipo de molino se usa todavía en la molienda húmeda del maíz. Figura 1.12 c)

Otras variantes se usan mucho en la elaboración del chocolate. Por ejemplo, los granos de cacao se trituran en tres piedras horizontales, aunque los procesos modernos usan discos dentados, de acero endurecido, en lugar de piedras.

1.5.4. MOLINOS DE TAMBOR

1.5.4.1. Molinos de Bolas

En los molinos de bolas, se operan simultáneamente las fuerzas de cizalla e impacto. Están constituidos por un molino giratorio, horizontal, que se mueve a poca velocidad, en cuyo interior se halla un cierto número de bolas de acero o piedras duras. A medida que el cilindro gira, las piedras se elevan por las paredes del cilindro y caen sobre el producto a triturar, que llenan el espacio libre entre las bolas. Figura 1.14

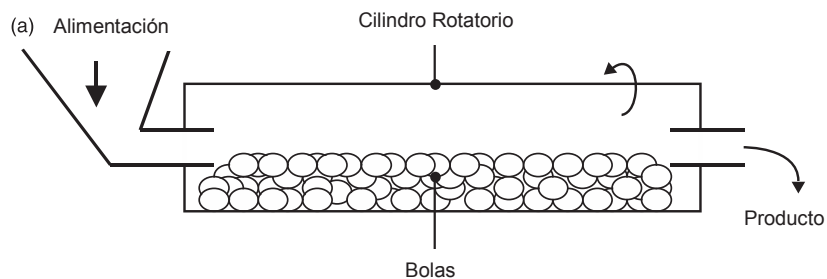


Figura 1.14 Molino de Tambor: De Bolas

1.5.4.2. Molinos de Barras

En estos molinos, las bolas se sustituyen por barras de acero. Operan las fuerzas de impacto y cizalla, pero el efecto de impacto es menos evidente. Se recomienda utilizar molinos de barras con sustancias grasosas, que se adhieren a las bolas, a las que restan eficacia. Las barras tienen la longitud del molino y, como el caso de las bolas, ocupan un 50% del volumen del molino. Figura 1.15

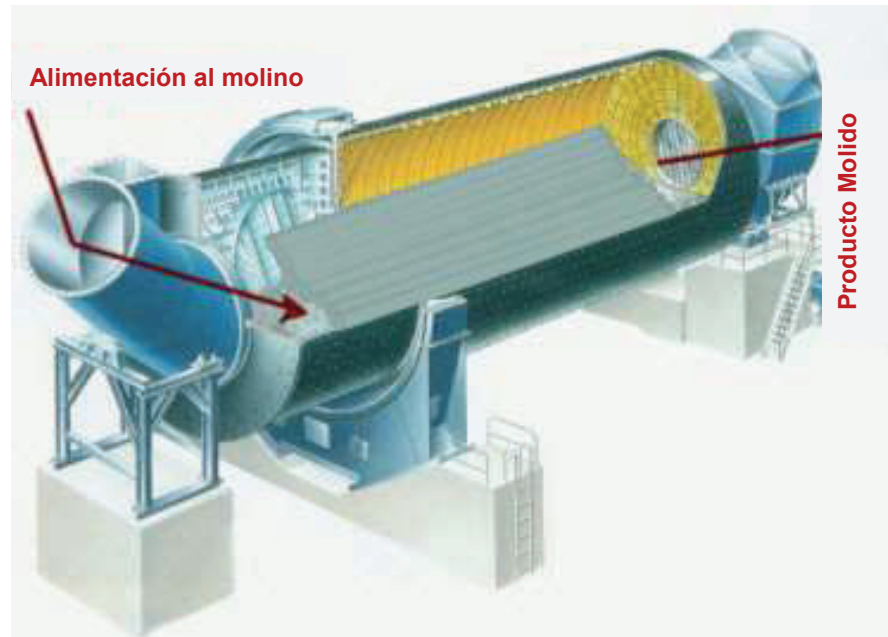


Figura 1.15 Molino de Tambor: De Barras⁸

1.6. APLICACIONES FRECUENTES DE MOLINOS

En la Tabla 1.3 se observa una comparación de las diferentes aplicaciones que tienen los distintos tipos de molinos.

Tabla 1.3 Aplicaciones Frecuentes de Molinos

	Molinos de Rodillos	Molino de Martillos	Molinos de Fricción	Molinos de Tambor
Tamaño de Molienda				
<i>Gruesos</i>	X			
<i>Intermedios</i>	X	X	X	X
<i>Finos/Ultra finos</i>		X	X	X
Aplicaciones				
<i>Chocolate</i>	X		X	X
<i>Cacao</i>			X	X

⁸ Fuente: <http://www.trituradoras-machacadora.mx/blog/funcionamiento-de-molinos-de-barras.html>

<i>Maíz (Húmedo)</i>				
<i>Frutas secas</i>		X		
<i>Vegetales secos</i>		X		
<i>Granos</i>	X		X	
<i>Pimienta</i>		X	X	
<i>Sal</i>		X		X
<i>Especias</i>		X		
<i>Azúcar</i>		X		X

1.7. SELECCIÓN DEL MOLINO MÁS ADECUADO

En la molienda del producto, en este caso del chocolate se deben tomar ciertos parámetros que determinarán la selección del molino idóneo, los cuales se indican a continuación.

1.7.1. GRANULOMETRÍA DE LAS PARTÍCULAS

Para ser un producto de muy alta calidad debe cumplir con una granulometría muy estricta, en el tamaño de las partículas. No se debe sentir grumos de chocolate.

1.7.2. CONTAMINACIÓN NULA DEL CHOCOLATE

Todo producto debe contar con normas de calidad, primordialmente para precautelar la salud integral de las personas. Todos los elementos en contacto con el producto no lo deben contaminar.

1.7.3. TAMAÑO

Influye con el espacio del lugar donde va a trabajar, y con la producción actual y futura que se puede llegar a tener.

1.7.4. FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Es importante la construcción y mucho más el montaje debido a que afectan

directamente al costo de fabricación y mantenimiento, además de las partes de recambio si fuese el caso.

1.7.5. COSTO

Representa un valor muy importante al momento de la fabricación, venta y posteriormente en piezas de recambio.

1.7.6. LIMPIEZA

Si el molino no va a estar funcionando las 24 horas o cuando se necesite hacer la limpieza luego de realizar la molienda, se debe limpiar los residuos para lo cual se necesita un contacto con el producto de fácil acceso.

1.7.7. RUIDO Y VIBRACIÓN

Una vez puesto en marcha el molino debe estar entre los rangos de nivel de ruido permitido y tampoco puede generar una vibración excesiva, ya que puede afectar a su operario o a su vez derramar el producto.

1.8. ALTERNATIVA IDÓNEA DEL MOLINO

Se califica con un puntaje general (10 el mejor y 0 el peor) a cada molino según los parámetros antes mencionados. Cabe recalcar que las ponderaciones se han colocado según las características de cada molino y algunos parámetros. Ver Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Calificación de Parámetros de Trabajo

	Ponderación	Molino de Rodillos	Molino de Martillos	Molino de Fricción	Molino de Tambor
Granulometría de las partículas	10	8	8	9	10
Contaminación nula del chocolate	10	10	8	10	7
Tamaño	10	6	5	8	4
Facilidad de	10	5	4	7	3

construcción y montaje					
Costo	10	8	7	9	6
Limpieza	10	9	7	9	8
Ruido y Vibración	10	8	6	8	7
TOTAL	70	54	45	60	45
MOLINO SELECCIONADO				Fricción	

Fuente: Propia

El molino seleccionado es el Molino de Fricción, actualmente el más utilizado y de mejores prestaciones de molienda de chocolate es el Molino de Piedras, se le conoce como Molino de Discos Dentados, por utilizar discos de acero en lugar de piedras. Además también es muy utilizado el Molino de Doble Disco. Por tanto se diseñarán los componentes en base a una combinación de estos dos molinos.

Figura 1.16

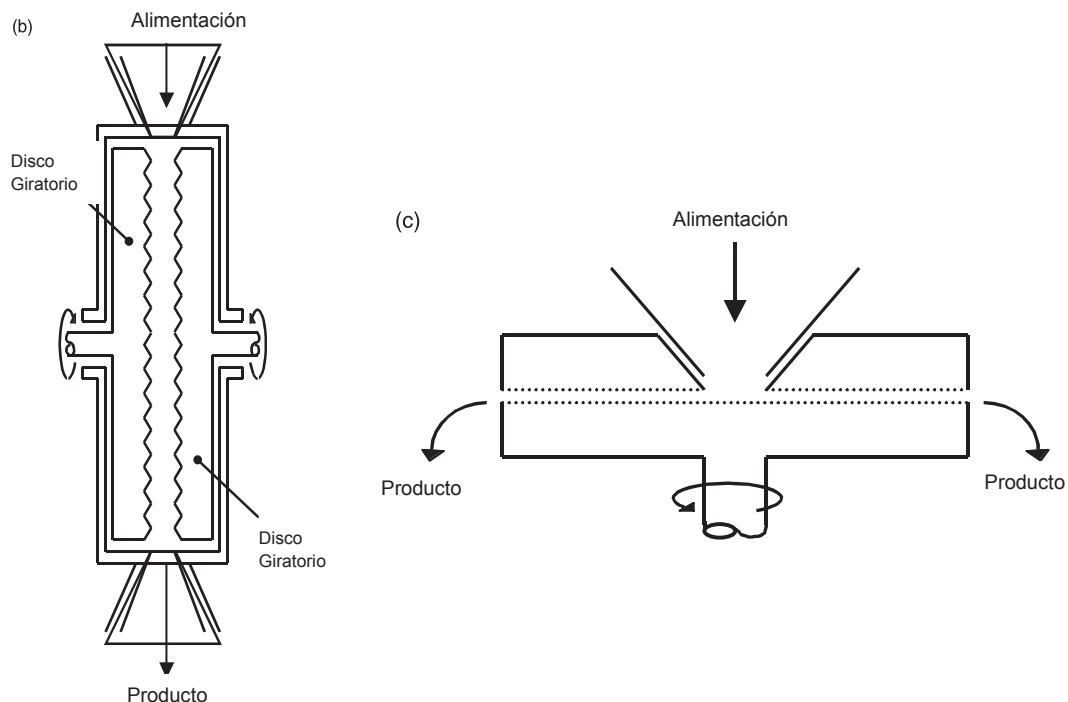


Figura 1.16 Molino: b) Doble Disco, c) Discos Dentados⁹

⁹ Fuente: <http://www.ctv.es/USERS/valdeollo/economia.htm>

1.9. ESTRUCTURA FUNCIONAL Y ESTRUCTURA MODULAR¹⁰

A lo largo de la historia, la disciplina necesaria para diseñar un producto era la Mecánica, pero a futuro aparecieron componentes eléctricos y electrónicos que fueron aumentando la dificultad del diseño de un producto.

Por otra parte ya no es suficiente iniciar el diseño a partir de una idea (solución) favorita y dedicarse a refinarla para obtener el diseño final, sino que es necesario formular más ideas, ya que cuantas más ideas se generen, más probable es que una resulte satisfactoria, mientras que si sólo se parte de una, ésta tiene una elevada probabilidad de no serlo.

Con el propósito de describir y resolver los problemas de diseño, es útil aplicar el concepto de función, que es cualquier transformación (en el sentido de realización de una tarea) entre unos flujos de entrada y de salida, tanto si se trata de funciones estáticas (invariables en el tiempo) como de funciones dinámicas (que cambian con el tiempo). Por tanto se entiende por función una formulación abstracta de una tarea.

La *función global* representa la tarea global que debe realizar el producto que se va a diseñar y se establece como una caja negra que relaciona los flujos de entrada y los de salida. Sin embargo, esta presentación es muy esquemática y, para obtener una representación más precisa, hay que dividir la función global en subfunciones (subtareas) y a la vez, establecer las relaciones de flujos entre estas subfunciones.

La representación del conjunto de subfunciones con las entradas y salidas: control, material y energía, así como las interrelaciones de flujos entre ellas se denomina *estructura funcional*.

Por tanto para establecer ésta estructura funcional es necesario establecer claramente las funciones primarias y secundarias del producto y desglosarlas a fin de llegar a una estructura modular es decir ordenar las distintas funciones y facilitar las operaciones de composición del producto.

¹⁰ Fuente: RIBA, Carles. *Diseño Concurrente*. Primera Edición. España: UPC, 2002, 226p.

1.9.1. ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES

En el nivel 0, se presenta la función global o primaria, que en este caso es moler chocolate. Evidentemente, para que la máquina cumpla su función se requiere al material que en este caso es la chocolate, energía y señales de control.

Para detallar con mayor claridad la función de la máquina para moler chocolate se recurre al nivel 1 donde se especifica de manera general los diferentes procesos a realizarse para obtener una determinada granulometría.

En el nivel 2 aparecen desglosadas varias acciones implícitas que en el nivel anterior no se detallaron, pero que son fundamentales para el funcionamiento de la máquina. Figura 1.17

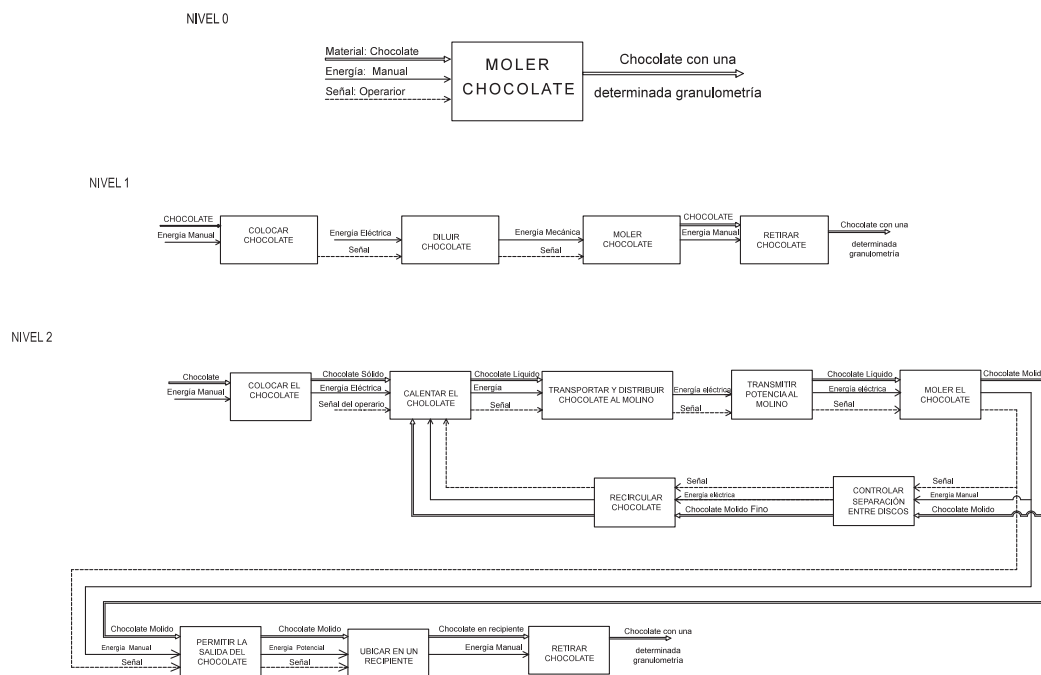


Figura 1.17 Estructura Funcional

1.9.2. DEFINICIÓN DE MÓDULOS

El diseño de productos tomando en cuenta la modularidad ayuda enormemente en varios aspectos tales como la reducción de costos, la facilidad de mantenimiento, la ampliación de la gama y facilidad de producción, entre otros.

El nivel 2 permite tener información necesaria para poder ordenar en los siguientes módulos. Figura 1.18

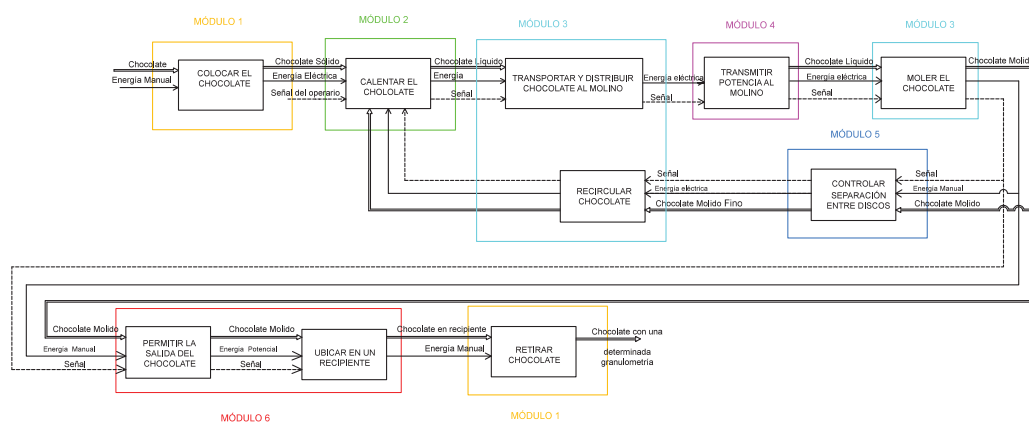


Figura 1.18 Estructura Modular

1.9.3. SOLUCIÓN PARA CADA MÓDULO

1.9.3.1. Módulo 1

Este módulo cumple con las siguientes funciones:

- Colocar el chocolate.
- Retirar el chocolate.

Estas dos funciones serán realizadas de manera manual por el operario, con el fin de abaratar costos.

1.9.3.2. Módulo 2

Este módulo cumple con la siguiente función:

- Calentar el chocolate.

A continuación se propone las posibles soluciones para esta función.

1.9.3.2.1. Calentar el chocolate.

Esta función derrite al chocolate para permitir su recirculación y una facilidad de molienda. Se proponen dos opciones siguientes:

Solución A: Agua y resistencia

El chocolate es derretido gracias al calor producido por el agua que se encuentra en medio de dos recipientes cuando es calentada por una resistencia eléctrica. A este proceso se le conoce como "Baño María". *Figura 1.19*

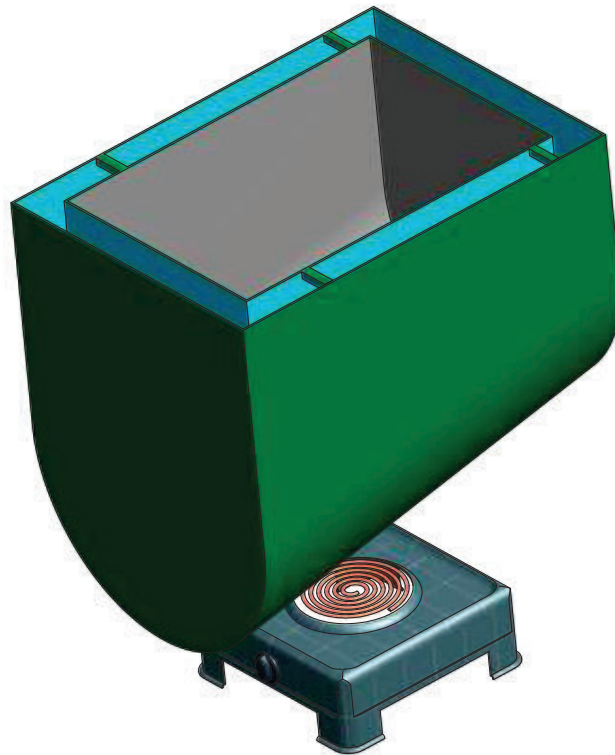


Figura 1.19 Calentamiento por Agua y Resistencia

Ventajas

- El flujo de calor es mejor distribuido al contenedor de chocolate.
- No supera una temperatura ya que el agua solo puede llegar a la

temperatura de evaporación.

Desventajas

- Es más costoso por tener más material empleado, es decir tener un segundo recipiente que contenga el agua y al recipiente contenedor del chocolate.
- Necesita un control para la cantidad de agua y una forma rápida y segura de retirar el recipiente del chocolate sin que se contamine.

Solución B: Resistencia

El chocolate se funde sin necesidad de elementos intermedios, solo por acción de una resistencia eléctrica. Figura 1.20

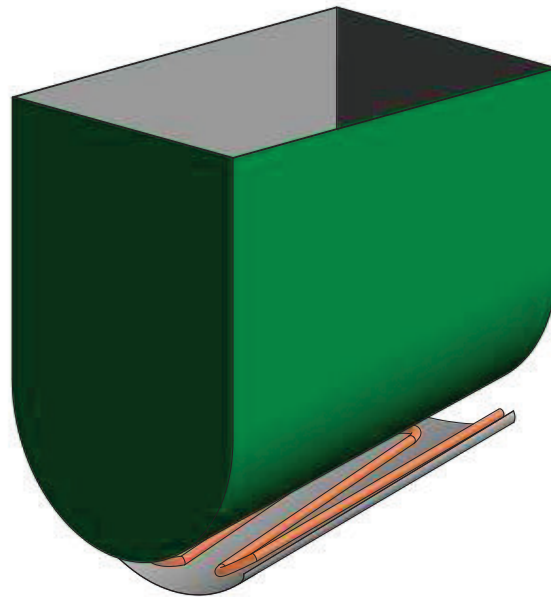


Figura 1.20 Calentamiento por Resistencia

Ventajas

- Es muy fácil de implementar.
- Permite un rápido calentamiento.
- Se puede controlar la temperatura de calentamiento

Desventajas

- No produce una distribución uniforme del calentamiento por lo que necesita

un control de temperatura.

- Si no hay un movimiento del chocolate éste se puede quemar causando un sabor desagradable del mismo.

1.9.3.2.2. Evaluación y selección de alternativas Módulo 2

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- Facilidad de implementación en el sistema.
- Temperatura constante, mínima variación de temperatura.
- Rápido calentamiento del recipiente.
- Mantener líquido el chocolate sin quemarlo.

A partir de los anteriores criterios se procede a realizar las siguientes tablas:

Tabla 1.5 Evaluación de Cada Criterio

Temp. Constante = Mantener Líquido > Calentamiento Rápido > Implementación
--

Criterio	Implement.	Temp. Const.	Calent. Rápido	Mantener Líqui..	$\Sigma + 1$	Ponderación
Implement.		0	0	0	1	0,100
Temp. Const.	1		1	0,5	3,5	0,350
Calent. Rápido	1	0		0	2	0,200
Mantener Líqui..	1	0,5	1		3,5	0,350
				Suma	10	1

Tabla 1.6 Evaluación del Criterio Implementación.

Solución B > Solución A				
Implementación	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	1	0,333
Solución B	1		2	0,667
		Suma	3	1

Tabla 1.7 Evaluación del Criterio Temperatura Constante

Solución B > Solución A				
Temp. Const.	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	1	0,333
Solución B	1		2	0,667
		Suma	3	1

Tabla 1.8 Evaluación del Criterio Calentamiento Rápido.

Solución B > Solución A				
Calent. Rápido	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	1	0,333
Solución B	1		2	0,667
		Suma	3	1

Tabla 1.9 Evaluación del Criterio Mantener Líquido.

Solución A > Solución B				
Mantener Líqui..	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		1	2	0,667
Solución B	0		1	0,333
		Suma	3	1

Tabla 1.10 Conclusiones.

Conclusión	Implemen.	Temp. Const.	Calent. Rápido	Mantener Líqui..	Σ	PRIOR.
Solución A	0,1x0,333	0,35x0,33	0,2x0,333	0,35x0,66	0,45	2
Solución B	0,1x0,667	0,35x0,66	0,2x0,667	0,35x0,33	0,55	1

Se tiene que la Solución B: Resistencia es la más idónea para este módulo 2.

1.9.3.3. Módulo 3

Este módulo cumple con las siguientes funciones:

- Transportar y distribuir el chocolate al molino.
- Moler el chocolate.
- Recircular el chocolate.

A continuación se propone las posibles soluciones para estas funciones.

1.9.3.3.1. Transportare el Chocolate al Molino

La idea es llevar el chocolate a los discos para ayudar la molienda. A continuación se proponen las siguientes opciones.

Solución A: Por tornillo Sin Fin

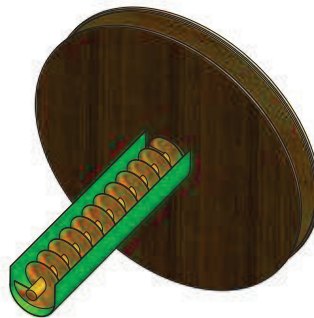


Figura 1.21. Tornillo sin fin

Ventajas

- Produce un empuje para que el chocolate sea obligado a ingresar a los discos.
- Puede transportar el chocolate en casi todas las direcciones de forma rápida.

Desventajas

- Necesita más elementos para su funcionamiento, además de un giro propio.
- Necesita una cubierta para evitar el regreso del chocolate.

Solución B: Plano Inclinado

Al tener un plano con una inclinación el chocolate puede fluir gracias a la gravedad.

Ventajas

- No necesita elementos adicionales ya que el chocolate ingresaría de forma natural a los discos.
- Se puede utilizar cualquier tipo de disco.

Desventajas

- Se necesita una inclinación adecuada para que el chocolate fluya.
- La mezcla del chocolate debe ser la indicada para obtener la viscosidad adecuada logrando que fluya por el plano.

1.9.3.3.2. Moler el Chocolate

Se tienen una variedad de formas para moler chocolate utilizando discos dentados. Se indica a continuación las soluciones más relacionadas con el chocolate.

Solución A: Discos Convexos

La superficie de los discos es convexa del tipo cónica es decir dos conos pequeños unidos por sus puntas. Figura 1.22



Figura 1.22. Discos Convexos

Ventajas

- Realiza la molienda y ayuda al mezclado del chocolate.
- La molienda se realiza desde que los discos están sumergidos.
- A la entrada puede ingresar cualquier tamaño de grano.

Desventajas

- No arrastra cantidades grandes de chocolate, por lo que necesita mayor tiempo de molienda.
- La inclinación en su separación es indispensable para una molienda adecuada.

Solución B: Discos Cóncavos

La superficie de los discos es en cambio cóncava es decir tiene un pequeño espacio entre los discos. Lo que se gana es la salida por su alrededor. Figura 1.23



Figura 1.23. Discos Concavos

Ventajas

- Permite una mayor cantidad de chocolate molido al tener que pasar por el interior de los discos el chocolate.
- El grano molido es controlado por el hecho que el chocolate debe obligadamente salir alrededor del disco.

Desventajas

- Su fabricación es mucho más compleja si no se encuentra en el mercado el tamaño requerido.
- Necesita un elemento adicional que ayude al ingreso del chocolate.
- El ingreso del chocolate necesariamente es por el centro del disco.
- La recirculación se dificulta ya que debe entrar por el centro y salir por su alrededor.

Solución C: Discos Rectos

Se tienen dos discos paralelos por los cuales se consigue una molienda más estable y un tiempo de permanencia mucho más constante. Figura 1.24



Figura 1.24. Discos Rectos

Ventajas

- El tiempo de permanencia del chocolate entre los discos es mayor, teniendo una molienda a un mismo tamaño en menos tiempo.
- Se puede moler con separaciones muy pequeñas entre los discos.
- Es capaz de moler horizontalmente o verticalmente acomodándose a cualquier requerimiento.

Desventajas

- Necesariamente se debe tener un dispositivo que ayude al ingreso a los discos en la parte central.

1.9.3.3.3. Recircular el chocolate

Esta función ayuda a que el chocolate sea transportado a la entrada de los discos para que sea nuevamente molido, obteniendo así una mejor molienda con una elevada calidad final en el tamaño de grano del chocolate.

Solución A: Gravedad

Esta opción utiliza elementos de las soluciones anteriores para su ilustración. La idea es que mediante un tornillo sin fin dentro de un tubo, lleve el chocolate hacia

los discos ubicados en la parte superior, y al ser molido salga por su alrededor y descienda por gravedad nuevamente hacia la parte inferior del tornillo sin fin para repetir el proceso. Figura 1.25



Figura 1.25. Recirculación por Gravedad

Ventajas

- No se necesita elementos adicionales que estén en contacto con el chocolate.
- Utiliza la gravedad como medio de recirculación con lo que no necesita elementos de bombeo.

Desventajas

- Es necesario un tubo de diámetro interior muy parecido al diámetro del tornillo sin fin para lograr que la mayor cantidad de chocolate ascienda sin regresar por la holgura entre estos dos.
- El tornillo sin fin necesita un movimiento independiente del tubo para ascender el chocolate.
- Únicamente funciona con discos rectos y cóncavos.
- Tiene más elementos que deben ser fabricados aumentando el costo.

Solución B: Movimiento del disco

Esta es una opción muy fácil de idealizar, realiza la recirculación por efecto del giro de los discos, estos deben estar obligadamente sumergidos al arrastrar una cantidad de chocolate desde la parte inferior y depositarla en la parte superior al salir de los discos. Por la gravedad las partículas más pesadas descienden mientras las más livianas se mantienen en la superficie. Figura 1.26



Figura 1.26. Recirculación por Gravedad

Ventajas

- Solo necesita que estén sumergidos los discos en el chocolate líquido.
- Mezcla el chocolate a medida que se está moliendo.
- Se puede añadir unas paletas en el disco para ayudar a la recirculación.


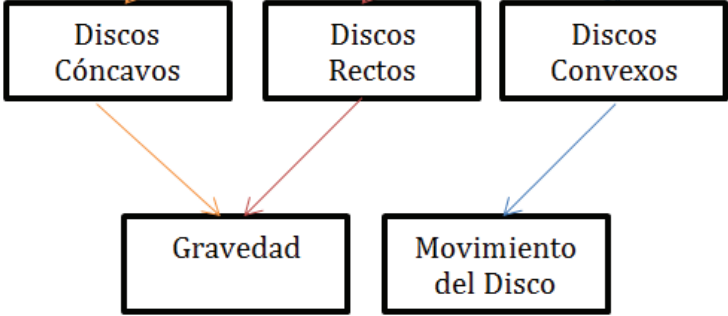

Desventajas

- Necesita mayor tiempo para lograr abastecer con toda la molienda del chocolate.
- Necesita estar sumergido al menos tres cuartos partes de los discos para asegurar la recirculación del chocolate.

1.9.3.3.4. *Alternativas de Solución para Módulo 3.*

Para determinar la solución final se combinan alternativas de las soluciones dadas, como se indica en la Tabla 1.11. Se debe notar que no se realiza todas las combinaciones posibles sino solo las que sean compatibles entre sí.

Tabla 1.11 Alternativas de Solución Módulo 3

Función	Componente		
Trasportar y distribuir el chocolate al molino.			
Moler el chocolate			
Recircular el chocolate.			
Alternativas	Solución A	Solución B	Solución C

El esquema de cada solución se indica a continuación:

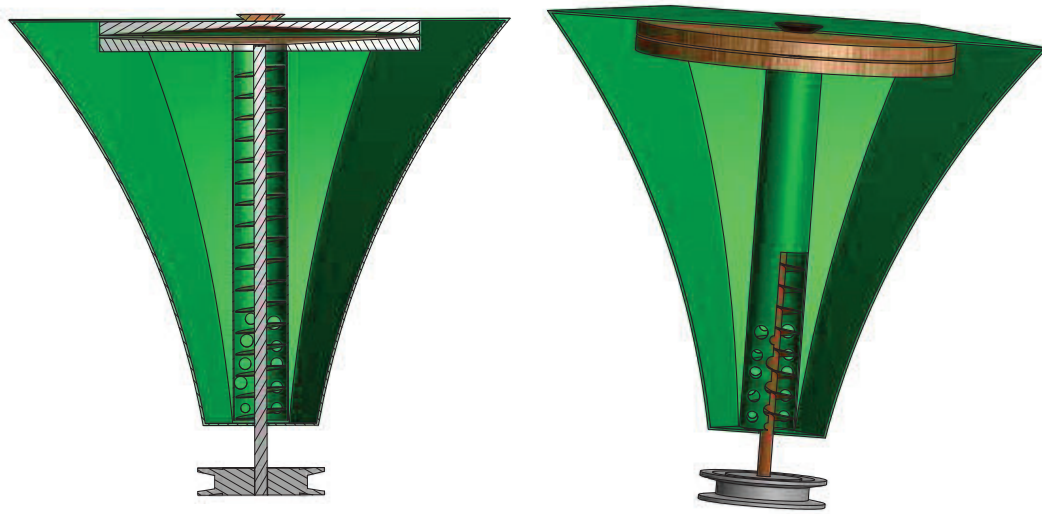


Figura 1.27 Solución A

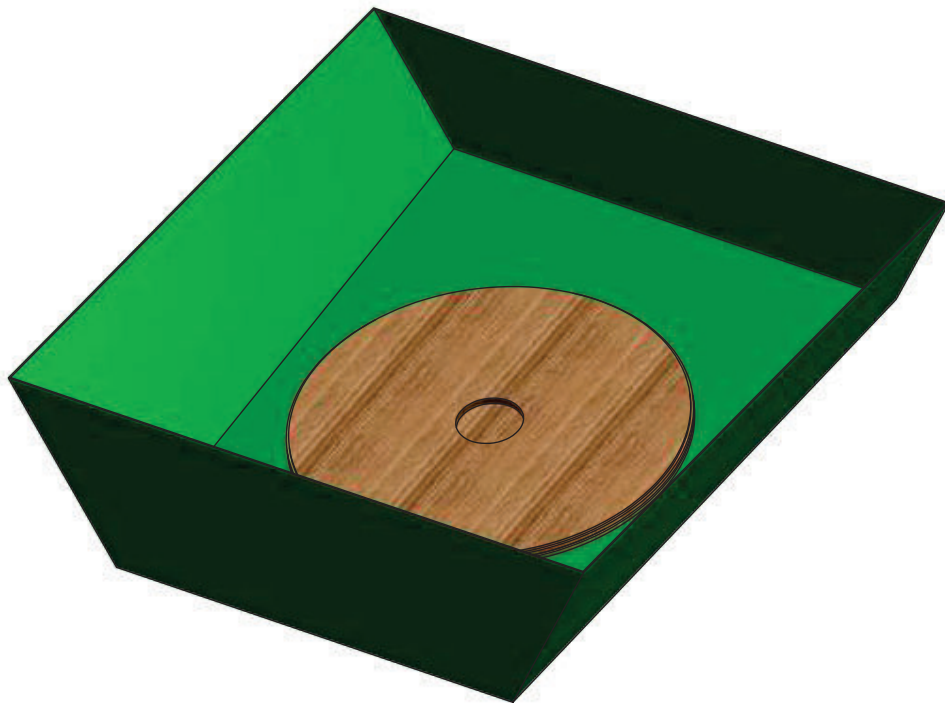


Figura 1.28 Solución B

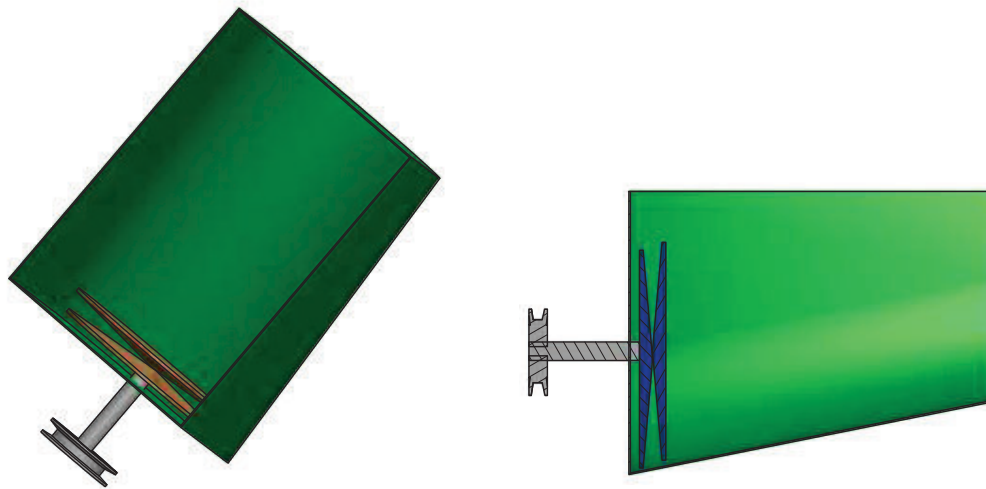


Figura 1.29 Solución C

1.9.3.3.5. Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 3

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes son:

- a) Facilidad de implementación, montaje y desmontaje en el sistema.
- b) Mínima vibración.
- c) Recirculación rápida de la mayor cantidad de líquido.
- d) Vaciado del chocolate de la máquina de forma fácil y rápida.
- e) Costo mínimo de fabricación.

A partir de los anteriores criterios se procede a realizar las siguientes tablas:

Tabla 1.12 Evaluación de Cada Criterio.

Implementación>Recirculación>Vaciado>Vibración=Costo							
Criterio	Implement.	Vibrac.	Recircul.	Vaciado	Costo	$\Sigma + 1$	Ponderación
Implement.		1	1	0,5	1	4,5	0,300
Vibración	0		0	0	1	2	0,133
Recircul.	0	1		1	1	4	0,267

Vaciado	0,5	1	0		0	2,5	0,167
Costo	0	0	0	1		2	0,133
					Suma	15	1

Tabla 1.13 Evaluación del Criterio Implementación.

Solución C > Solución B > Solución A

Implement.	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	0	1	0,167
Solución B	1		0	2	0,333
Solución C	1	1		3	0,500
			Suma	6	1

Tabla 1.14 Evaluación del Criterio Vibración.

Solución B > Solución A = Solución C

Vibración	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	0,5	1,5	0,250
Solución B	1		1	3	0,500
Solución C	0,5	0		1,5	0,250
			Suma	6	1

Tabla 1.15 Evaluación del Criterio Recirculación.

Solución A > Solución C > Solución B					
Recirculación	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	0	1		2	0,333
Suma				6	1

Tabla 1.16 Evaluación del Criterio Vaciado.

Solución C = Solución B > Solución A					
Vaciado	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	0	1	0,167
Solución B	1		0,5	2,5	0,417
Solución C	1	0,5		2,5	0,417
Suma				6	1

Tabla 1.17 Evaluación del Criterio Costo.

Solución C > Solución B > Solución A					
Costo	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	0	1	0,167
Solución B	1		0	2	0,333
Solución C	1	1		3	0,500
Suma				6	1

Tabla 1.18 Conclusiones.

Conclusión	Implement.	Vibración	Recircula.	Vaciado	Costo	Σ	Pond.
Solución A	0,30x0,16	0,13x0,25	0,26x0,5	0,16x0,167	0,13x0,167	0,306	3
Solución B	0,30x0,33	0,13x0,5	0,26x0,167	0,16x0,417	0,13x0,33	0,411	2
Solución C	0,30x0,5	0,13x0,25	0,26x0,33	0,16x0,417	0,13x0,5	0,517	1

Se tiene que la Solución C es la que se adapta para el módulo 3.

1.9.3.4. Módulo 4

Este módulo cumple con las siguientes funciones:

- Transmitir potencia al molino.

A continuación se propone las posibles soluciones para esta función.

1.9.3.4.1. Transmitir Potencia al Molino.

Solución A: Transmisión por cadenas

Este tipo de transmisión consta básicamente de dos ruedas dentadas acopladas con el fin de transmitir potencia entre un motor y el eje de los discos. Figura 1.30

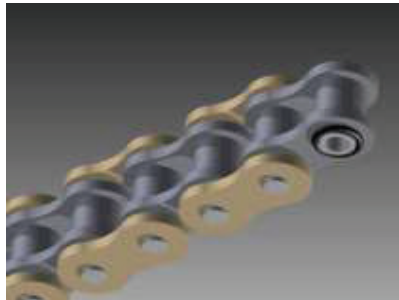


Figura 1.30 Transmisión por Cadenas

Ventajas

- Son transmisiones robustas y poseen alta manteneabilidad.
- Permiten trabajar con temperaturas elevadas.

- Proporcionan una relación de transmisión fija entre las velocidades y los ángulos de giro de los ejes de entrada y salida.
- Capaces de disminuir impactos.

Desventajas

- Requieren de lubricación.
- Costo elevado
- Relación de transmisión no constante
- Grandes fuerzas en apoyos y ejes.
- Requieren de tensores

Solución B: Transmisión por engranajes

Se tiene un conjunto de dos o más ruedas dentadas con el fin de transmitir velocidades angulares, de manera efectiva y constante. Figura 1.31

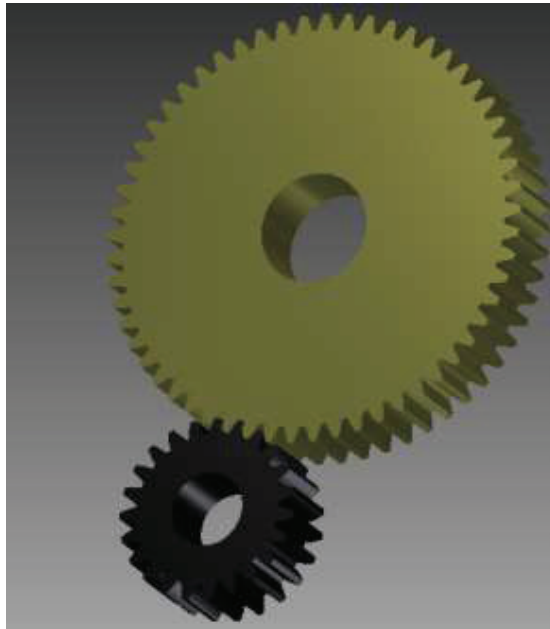


Figura 1.31 Transmisión por Engranajes

Ventajas

- La relación de rotaciones es uniforme permitiendo grandes velocidades de movimiento.
- Permiten transmisiones de potencia entre ejes a cortas distancias.

Desventajas

- No pueden transmitir potencia entre distancias grandes.
- La construcción de los engranajes tiene un costo elevado según su aplicación.

Solución C: Transmisión por correas y bandas

Es una transmisión mecánica que une dos o más poleas ya sea a través de una banda o una correa, con el fin de transmitir una velocidad angular. Figura 1.32

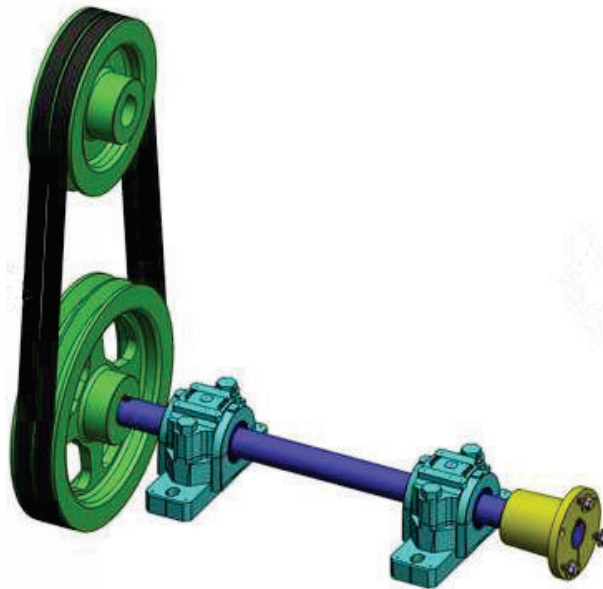


Figura 1.32 Transmisión por Correas y Bandas

Ventajas

- Son silenciosas
- Absorben vibraciones

- Puede transmitir la potencia entre grandes distancias
- No requiere lubricación.
- El mantenimiento que requieren es reducido.

Desventajas

- Tienen pequeñas relaciones de transmisión.
- Requiere de tensores para su funcionamiento
- Son de fácil deformación.

1.9.3.4.2. Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 4

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- Bajo precio de implementación.
- Distancia considerable de transmisión de potencia.
- Mantenimiento rápido para alargar la vida útil de sus elementos.

A partir de los anteriores criterios se procede a realizar las siguientes tablas:

Tabla 1.19 Evaluación de Cada Criterio.

Precio>Distancia>Mantenimiento					
Criterio	Precio	Distancia	Mantenimiento	$\Sigma + 1$	Ponderación
Precio		1	1	3	0,500
Distancia	0		1	2	0,333
Mantenimiento	0	0		1	0,167
Suma				6	1

Tabla 1.20 Evaluación del Criterio Precio.

Solución C > Solución A > Solución B					
Precio	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma +$ 1	Ponderación
Solución A		1	0	2	0,333
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	1	1		3	0,500
Suma				6	1

Tabla 1.21 Evaluación del Criterio Distancia.

Solución B > Solución A = Solución C					
Distancia	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma +$ 1	Ponderación
Solución A		1	0,5	2,5	0,417
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	0,5	1		2,5	0,417
Suma				6	1

Tabla 1.22 Evaluación del Criterio Mantenimiento

Solución C > Solución B = Solución A					
Mantenimiento	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma +$ 1	Ponderación
Solución A		1	0	2	0,333
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	1	1		3	0,500
Suma				6	1

Tabla 1.23 Conclusiones

Conclusión	Precio	Seguridad	Mantenimiento	Σ	PRIORIDAD
Solución A	0,5 x 0,333	0,333x0,25	0,167x0,333	0,361	2
Solución B	0,5 x 0,167	0,333x0,5	0,167x0,167	0,167	3
Solución C	0,5 x 0,5	0,333x0,25	0,167x0,5	0,472	1

Se tiene que la Solución C: Banda es la más idónea para este módulo 4.

1.9.3.5. Módulo 5

Este módulo cumple con la siguiente función:

- Controlar la separación entre discos.

1.9.3.5.1. Controlar la separación entre discos

La idea principal es llegar a obtener un tamaño de grano específico variando el espacio que queda entre los discos.

Solución A: Apriete sumergido

Esta idea es centrar el eje del disco dentro de las mordazas, ajustar la distancia y mediante los tornillos dar el apriete para que el disco se quede fijo. Figura 1.33

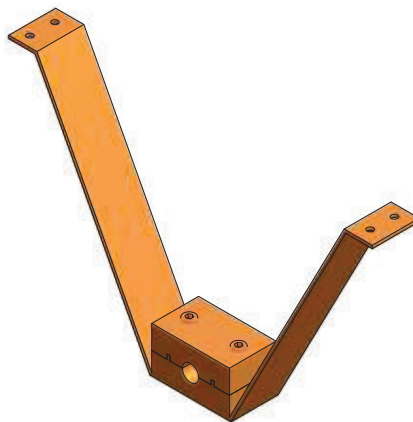


Figura 1.33 Ajuste por Tornillo Interno

Ventajas

- Se puede modificar la distancia del eje del disco fijo con dos tornillos que aprietan el eje impidiendo su movimiento.
- Se puede fijar a una estructura rápidamente quedando rígido.

Desventajas

- Es necesario introducir las manos para poder ajustar la distancia mientras se tiene el chocolate en el recipiente.
- Necesita de guías entre caras para que el eje quede centrado.

Solución B: Apriete exterior

Esta idea es utilizar un tornillo unido al disco para ajustar a la distancia más adecuada. Figura 1.34

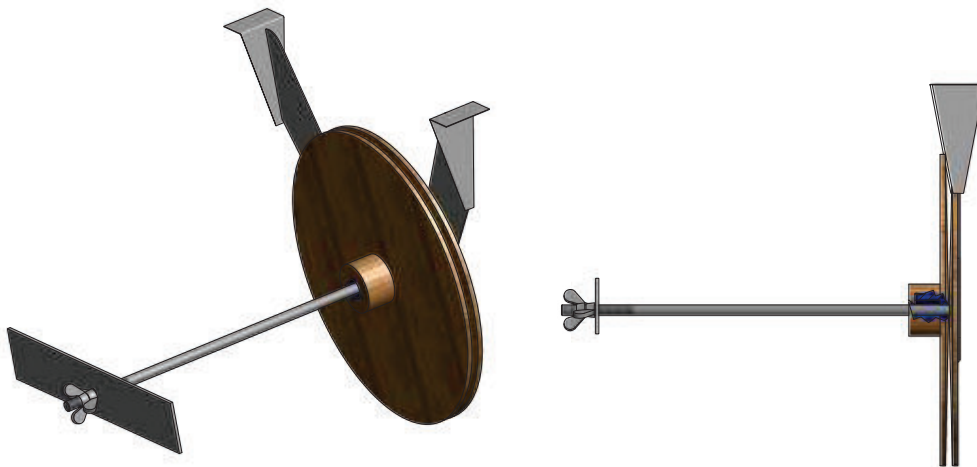


Figura 1.34 Ajuste por Tornillo Externo

Ventajas

- Se puede controlar la distancia y apriete sin necesidad de introducir las manos en el recipiente cuando está lleno de chocolate.
- Es rápido cambiar el apriete entre los discos.

Desventajas

- Es difícil centrar el eje y el tornillo, ya que este último pasa por el interior del eje.
- Necesita holguras muy pequeñas para evitar roces y desgaste prematuro.

1.9.3.5.2. Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 5

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- Ajuste del disco para que esté fijo.
- Evitar introducir las manos dentro del recipiente, es decir que sea limpio.
- Que el ajuste y control de la distancia sea rápido mientras se realiza el acondicionamiento.
- Que se pueda tener el control de la separación de los discos.

A partir de los anteriores criterios se procede a realizar las siguientes tablas:

Tabla 1.24 Evaluación de Cada Criterio.

Limpio = Controlar Separación > Ajuste de disco > Rápido						
Criterio	Ajuste disco	Limpio	Rápido	Control Separación	$\Sigma + 1$	Ponderación
Ajuste disco		0	1	0	2	0,200
Limpio	1		1	0,5	3,5	0,350
Rápido	0	0		0	1	0,100
Control Separación	1	0,5	1		3,5	0,350
				Suma	10	1

Tabla 1.25 Evaluación del Criterio Ajuste del Disco.

Solución B > Solución A				
Ajuste disco	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0,5	1,5	0,500
Solución B	0,5		1,5	0,500
		Suma	3	1

Tabla 1.26 Evaluación del Criterio Limpio.

Solución B > Solución A				
Limpio	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	1	0,333
Solución B	1		2	0,667
		Suma	3	1

Tabla 1.27 Evaluación del Criterio Rápido.

Solución B > Solución A				
Rápido	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	1	0,333
Solución B	1		2	0,667
		Suma	3	1

Tabla 1.28 Evaluación del Criterio Control de la Separación.

Solución A > Solución B				
Control Separación	Solución A	Solución B	$\Sigma +$ 1	Ponderación
Solución A		0	1	0,333
Solución B	1		2	0,667
		Suma	3	1

Tabla 1.29 Conclusiones.

Conclusión	Ajuste disco	Limpio	Rápido	Control Separación	Σ	PRIORIDAD
Solución A	0,2x0,5	0,35x0,333	0,1x0,333	0,35x0,333	0,367	2
Solución B	0,2x0,5	0,35x0,667	0,1x0,667	0,35x0,667	0,633	1

Se tiene que la Solución B: Control externo es la más idónea para este módulo 5.

1.9.3.6. Módulo 6

Este módulo cumple con las siguientes funciones:

- Permitir la salida del chocolate.
- Ubicar chocolate en un recipiente.

A continuación se propone las posibles soluciones para estas funciones.

1.9.3.6.1. Permitir la salida del chocolate.

Esta función es la que permite desalojar al chocolate de la máquina. Se proponen las opciones siguientes:

Solución A: Válvula de Paso

El chocolate es obligado a pasar por una válvula manual con el cual se controla la dirección gracias al movimiento giratorio del contenedor. Figura 1.35

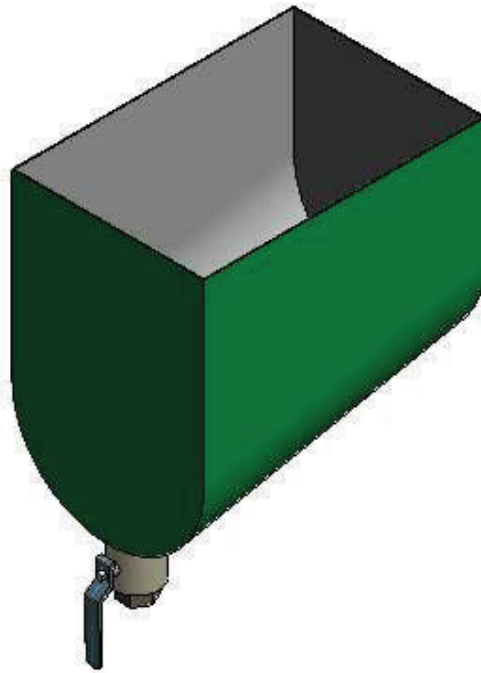


Figura 1.35 Recipiente y Válvula de Paso

Ventajas

- Se controla la dirección de salida del chocolate.
- Es fácil de implementar y realizar mantenimiento.
- El fluido tiene la salida debajo del recipiente, y por su inclinación y forma del recipiente tiene la salida de todo el fluido.

Desventajas

- Debe ser instalada en la parte inferior para desfogar toda la cantidad de líquido, necesitando espacio debajo del recipiente para ser almacenado.
- Necesita una inclinación en el contenedor o un giro de éste para permitir el desalojo del chocolate.

Solución B: Compuerta

El chocolate se desaloja del contenedor gracias a la acción de una pequeña compuerta manual ubicada en la parte lateral. Figura 1.36

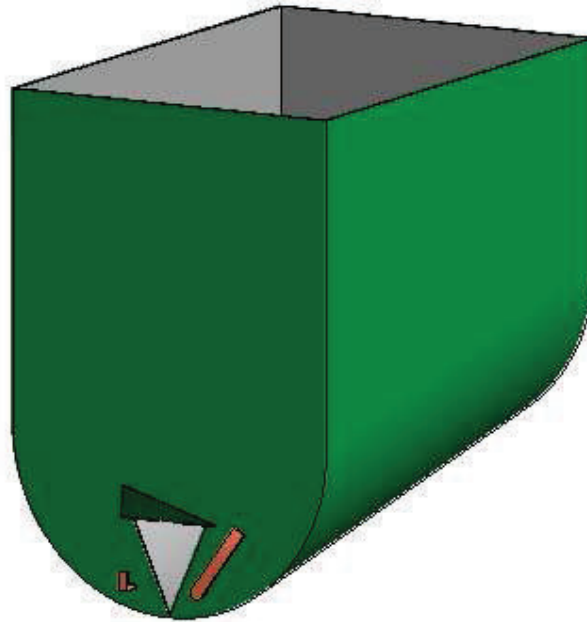


Figura 1.36 Recipiente y Compuerta

Ventajas

- Fácil de construir e implementar al sistema.
- Se puede controlar el caudal de salida con el tamaño de la compuerta.

Desventajas

- Necesita materiales adicionales para cerrar completamente y evitar la salida del chocolate.
- No se puede direccionar fácilmente el chocolate líquido a un recipiente.
- Puede ser necesario el giro del contenedor, o a su vez que éste se encuentre inclinado para que fluya por acción de la gravedad.

Solución C: Vertedor

Con este vertedor se tiene un pequeño pico por la forma de la unión de las placas dando una salida direccionada. Figura 1.37

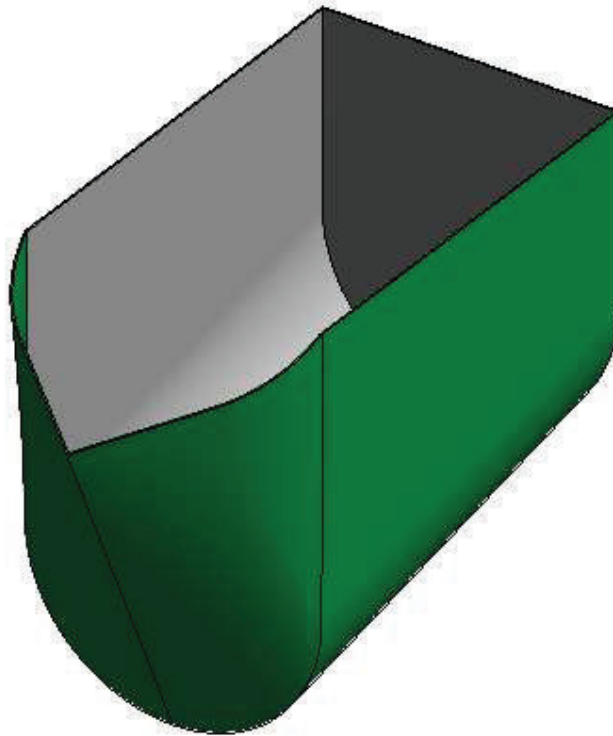


Figura 1.37 Recipiente y Vertedor

Ventajas

- Fácil de Construir por no necesitar de elementos adicionales.
- Tiene un pequeño pico que direcciona y permite la salida rápidamente del chocolate.

Desventajas

- Necesita un giro elevado del contenedor para poder vaciarlo completamente.

1.9.3.6.2. *Ubicar el chocolate en un recipiente.*

Esta función es compartida con la función de permitir la salida del chocolate y no es tan relevante ya que depende de la dirección que ésta le dé para recoger todo el chocolate líquido a un recipiente colocado debajo del contenedor.

1.9.3.6.3. *Evaluación y selección de alternativas Módulo 6*

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- Facilidad de implementación en el sistema.
- Direccionar la salida de chocolate.
- Rápido mantenimiento de residuos.
- Mínimo giro del contenedor.

A partir de los anteriores criterios se procede a realizar las siguientes tablas:

Tabla 1.30 Evaluación de Cada Criterio.

Mantenimiento > Implementación > Salida = Giro Mínimo						
Criterio	Implemen.	Salida	Manten.	Giro Mínimo	$\Sigma + 1$	Ponderación
Implementación		1	0	1	3	0,300
Salida	0		0	0,5	1,5	0,150
Mantenimiento	1	1		1	4	0,400
Giro Mínimo	0	0,5	0		1,5	0,150
				Suma	10	1

Tabla 1.31 Evaluación del Criterio Implementación.

Solución A = Solución B > Solución C					
Implementación	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0,5	1	2,5	0,417
Solución B	0,5		1	2,5	0,417
Solución C	0	0		1	0,167
Suma				6	1

Tabla 1.32 Evaluación del Criterio Salida.

Solución C = Solución A > Solución B					
Salida	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		1	0,5	2,5	0,417
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	0,5	1		2,5	0,417
Suma				6	1

Tabla 1.33 Evaluación del Criterio Mantenimiento.

Solución C = Solución A > Solución B					
Mantenimiento	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		1	0,5	2,5	0,417
Solución B	0		0	1	0,167
Solución C	0,5	1		2,5	0,417
Suma				6	1

Tabla 1.34 Evaluación del Criterio Giro Mínimo.

Solución A = Solución B > Solución C					
Giro Mínimo	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0,5	1	2,5	0,417
Solución B	0,5		1	2,5	0,417
Solución C	0	0		1	0,167
Suma				6	1

Tabla 1.35 Conclusiones.

Conclusión	Implem.	Salida	Manten.	Giro Mínimo	Σ	PRIORIDAD
Solución A	0,30x0,417	0,15x0,417	0,4x0,417	0,15x0,417	1,571	1
Solución B	0,30x0,417	0,15x0,167	0,4x0,167	0,15x0,417	1,425	3
Solución C	0,30x0,167	0,15x0,417	0,4x0,417	0,15x0,167	1,433	2

Se tiene que la Solución A: Salida por válvula es la más idónea para este módulo 6.

1.9.4. SOLUCIÓN FINAL

Uniendo todas las soluciones de cada módulo se obtiene la siguiente solución, Figura 1.38 y Figura 1.39.



Figura 1.38 Solución Final para la Máquina de Chocolate

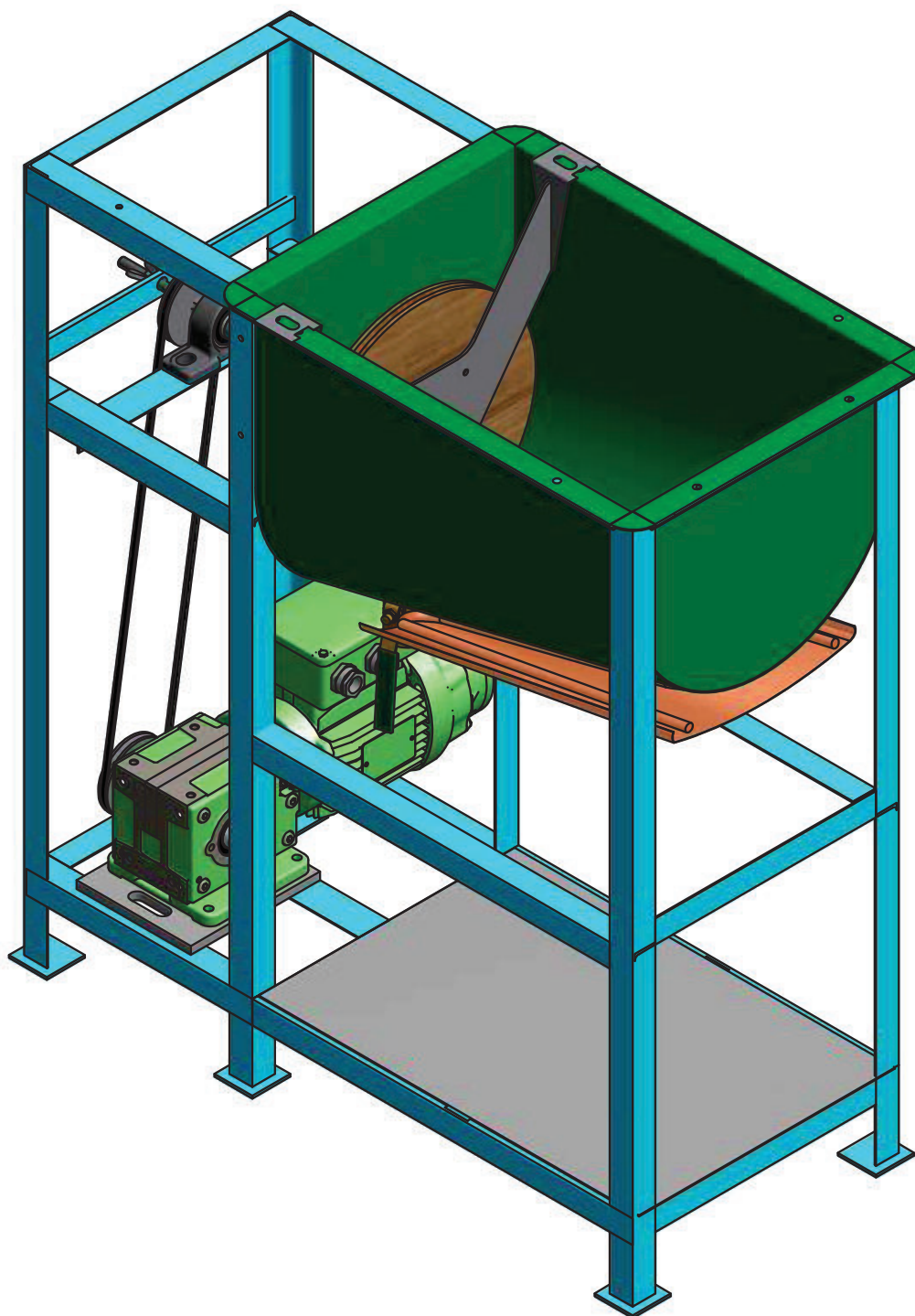


Figura 1.39 Solución Final para la Máquina de Chocolate

CAPÍTULO 2 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y DE MOLIENDA

En este capítulo se analiza los diferentes elementos que conforman la máquina para obtener las variables esenciales de funcionamiento de la misma, así como también, su comportamiento aproximado con la ayuda de programas de diseño mecánico como lo es Autodesk Inventor Professional 2014 y Autodesk Robot Structural 2014.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA (CHOCOLATE)

A temperatura de trabajo ($50 \pm 5^\circ\text{C}$) se tiene los siguientes datos:

Viscosidad: 574 Centipoises.

Densidad: 1320 Kg/m^3 .

Calor específico: Chocolate líquido/sólido ($15-40^\circ\text{C}$) = $1590 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$

Chocolate líquido ($40-60^\circ\text{C}$) = $1670 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$

2.1.2. COEFICIENTE DE ROZAMIENTO.

El coeficiente de rozamiento es una variable importante para el diseño de los elementos de molienda, por este motivo se realiza pruebas para poder obtener dicho coeficiente, de manera experimental, de la mezcla que va a ser sometida a la molienda.

Con la intención de obtener el coeficiente de rozamiento real entre la mezcla y el material del disco se realiza el siguiente ensayo:

En una superficie plana de acero inoxidable para alimentos, se deja caer una gota de mezcla líquida, y se inclina la placa hasta cuando se percibe un movimiento, deformación de la gota, produciéndose dicho movimiento a los siguientes ángulos:

Tabla 2.1 Resultado de Pruebas para el Coeficiente de Rozamiento

PRUEBA	ÁNGULO
1	13
2	14
3	18
4	13
5	15

Fuente: Propia

De donde el ángulo promedio es de 15° , y el coeficiente de rozamiento es de 0,26. Este ángulo se utiliza para la inclinación del recipiente.

2.2 ELEMENTOS DE MOLIENDA

Como se explicó en el capítulo anterior existen varios elementos de molienda, como son: los discos, los rodillos, los martillos; pero debido a que los molinos de discos poseen una mayor facilidad de construcción que las otras alternativas, se escogió a los discos como elemento principal de molienda, dichos discos van a tener una geometría convexa, para facilitar el ingreso del chocolate en el espacio de molienda.

2.2.1 VELOCIDAD DEL DISCO

Para empezar el cálculo se necesita primero saber la velocidad máxima a la que una gota de chocolate sale del disco formando una parábola como se indica en la Figura 2.1.

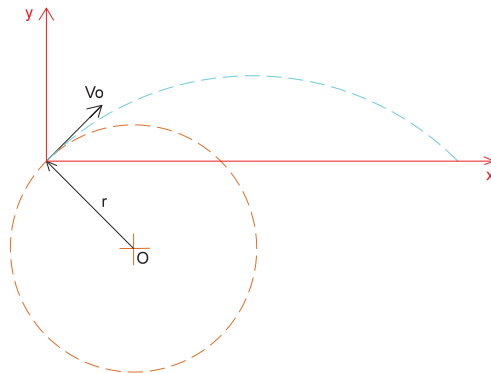


Figura 2.1 Trayectoria de una Partícula de Chocolate.

$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha \quad \text{EC. 2.1}$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha \quad \text{EC. 2.2}$$

Donde V_{0x} y V_{0y} (EC. 2.1 y EC. 2.2) son las velocidades iniciales de la gota de chocolate, tanto en el eje x como en el eje y. Figura 2.2

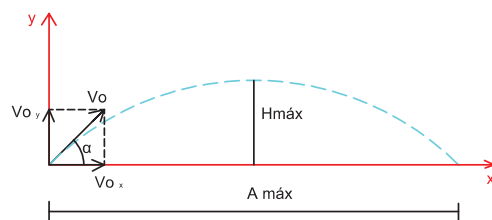


Figura 2.2 Descomposición de Velocidades

$$\vec{V}_0 = V_{0x} \vec{i} + V_{0y} \vec{j} \quad \text{EC. 2.3}$$

$$\vec{V}_0 = V_0 \cos \alpha \vec{i} + V_0 \sin \alpha \vec{j} \quad \text{EC. 2.4}$$

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t \quad \text{EC. 2.5}$$

Al sumar las velocidades de x y de y se forma el vector \vec{V}_0 y reemplazando la EC. 2.1 y EC. 2.2 en EC. 2.3 se obtiene la velocidad inicial del movimiento, EC. 2.4.

Además reemplazando la EC. 2.4 en EC. 2.5 se forma la EC. 2.6 que rige el movimiento, y también la EC. 2.7 que rige la posición.

$$\vec{V} = V_0 \cos \alpha \vec{i} + (V_0 \operatorname{sen} \alpha - gt) \vec{j} \quad \text{EC. 2.6}$$

$$\vec{r} = (V_0 \cos \alpha t) \vec{i} + \left(V_0 \operatorname{sen} \alpha t - \frac{1}{2} gt^2 \right) \vec{j} \quad \text{EC. 2.7}$$

Donde t es el tiempo en segundos. Para tener idea de la altura máxima que alcanza la gota al salir disparada del disco se utiliza la EC. 2.8

$$h_{\max} = V_0 \operatorname{sen} \alpha t - \frac{1}{2} gt^2 \quad \text{EC. 2.8}$$

Pero se debe tener en cuenta que el tiempo de subida es igual al tiempo de bajada, de la EC. 2.5 obtiene el tiempo de subida t_s , EC. 2.9.

$$t_s = \frac{V_0 \operatorname{sen} \alpha}{g} \quad \text{EC. 2.9}$$

Y en el h_{\max} la $V_y=0$, de donde:

$$h_{\max} = \frac{V_0^2 \operatorname{sen}^2 \alpha}{2g} \quad \text{EC. 2.10}$$

Y alcance máximo A, EC. 2.11, es la distancia máxima que debe desplazarse la gota como se indica en la Figura 2.2. Es decir la distancia necesaria máxima para que la gota no abandone el recipiente.

$$A = r_x = \frac{V_0^2 \operatorname{sen} 2\alpha}{g} \quad \text{EC. 2.11}$$

Como el alcance máximo se obtiene cuando el ángulo de lanzamiento, α (Figura 2.3), es de 45 grados; el alcance máximo va a ser de: ¹¹

¹¹ VALLEJO, ZAMBRANO; Física Vectorial I; pág. 129

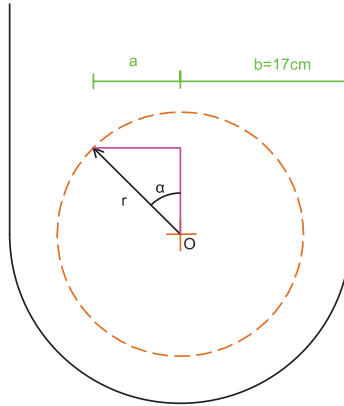


Figura 2.3 Máximo Ángulo de Lanzamiento.

$$A = b + a \quad \text{EC. 2.12}$$

$$a = r * \text{sen}45^\circ \quad \text{EC. 2.13}$$

De donde,

$$A = 27,61[\text{cm}] = 0,276[\text{m}]$$

Reemplazando valores en la EC. 2.11 se encuentra la velocidad de salida máxima de la gota V_0 , es decir la velocidad máxima de giro del disco, siendo:

$$V_0 = 1,64 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Por lo tanto de la EC. 2.10,

$$h_{\text{máx}} = 0,068[\text{m}] = 6,8[\text{cm}]$$

A su vez para el cálculo de la potencia es necesario tener el valor de velocidad angular por tanto se utiliza la EC. 2.14

$$\omega = \frac{V_0}{r} \quad \text{EC. 2.14}$$

Obteniéndose que:

$$\omega = 10,93 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] = 1,73 \left[\frac{\text{rev}}{\text{s}} \right]$$

$$\omega = 104,4 [\text{rpm}]$$

2.2.2 ÁNGULO DE CONICIDAD DEL DISCO

El ángulo de conicidad con el que se va a partir para realizar las pruebas es de 15° aproximadamente, pero el ángulo real se lo obtendrá de manera experimental, para de esta forma tener el ángulo adecuado para el funcionamiento óptimo del mecanismo. Se observa en la Figura 2.4 el esquema de los discos y su ángulo interior.

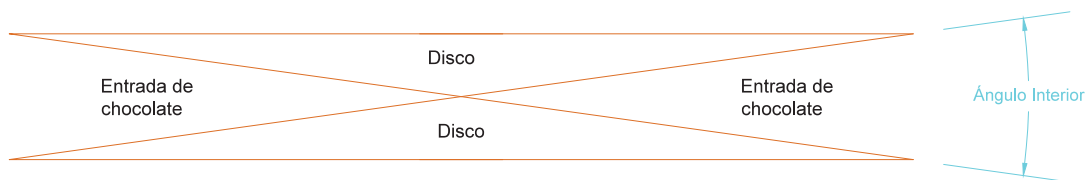


Figura 2.4 Esquema del Conjunto de Discos

2.2.3 SELECCIÓN DE MATERIAL PARA LOS DISCOS

En alimentos se utiliza primordialmente acero inoxidable, pero para los discos por necesitar de una inercia considerable es necesario que el espesor del disco sea de al menos 20 mm y este espesor lastimosamente en acero inoxidable solo se consigue realizando una fundición que resulta a un costo elevado. Pero se tiene otra alternativa igualmente útil, que son los polímeros, específicamente el duralon, el cual se encuentra en el mercado del espesor que se necesite y el maquinado se realiza de la misma forma que para un acero, es decir, se utilizan las mismas máquinas herramientas.

2.2.4 TORQUE NECESARIO PARA GIRAR EL DISCO MOTRIZ

Para saber la potencia que necesita el motor, es necesario calcular el torque que requiere el disco para girar, venciendo el esfuerzo cortante que ejerce la capa de chocolate entre los discos. Para este cálculo se aproxima el disco a un elemento completamente cónico, tal como se indica en la Figura 2.5, además se considera que la capa de chocolate que se va a encontrar entre los discos es constante.

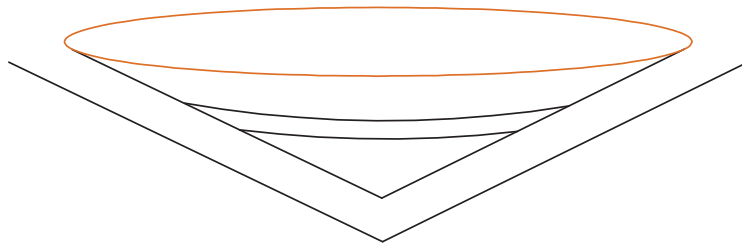


Figura 2.5 Esquema del Disco Cónico.

Para tener una idea del cálculo se detallan los datos en la Figura 2.6, y se calcula con la EC. 2.15, su demostración se detalla en el ANEXO 11.

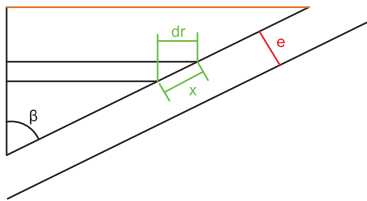


Figura 2.6 Datos para el Cálculo del Disco.

$$T = \frac{\mu \pi^2 n R^4}{60 e \operatorname{sen} \beta} \quad \text{EC. 2.15}$$

Donde,

μ : Viscosidad = 0.574 [Kg/ms]

n: RPM= 105 [rpm]

R: Radio del disco cónico= 0.15 [m]

e: Espacio entre discos = 0.001 [m]

β : Angulo de conicidad = 88°

Reemplazando valores se obtiene un Torque de:

$$T = 5.02 \text{ Kg.m}$$

$$T = 49.21 \text{ N.m}$$

2.3 POTENCIA DEL MOTOR

Una vez conocido el torque y la velocidad angular que se necesita para realizar la molienda, se calcula la potencia requerida para el motor:

$$P_{req} = T \times \omega \quad EC. 2.16$$

Obteniéndose,

$$P_{req} = 528.08[W]$$

La potencia real del motor se calcula tomando en cuenta la eficiencia del mecanismo de transmisión del 80%:

$$P = \frac{P_{req}}{\eta} \quad EC. 2.17$$

De donde la potencia requerida es:

$$P = 422.46[W] \approx 0,5[HP]$$

Debido a que los motores en el mercado se encuentran con rpm muy altas, y a más de adquirir el motor se debe adicionar una reducción de velocidades, por lo que se prefiere comprar un motorreductor que tiene las siguientes características ver ANEXO 1:

Potencia: 0,9 kw

Rpm de salida: 107

Ya que en el mercado la marca siemens es costosa, se opta por escoger un motorreductor que posea las mismas características, pero en una marca más conveniente, esto por tratarse de un prototipo.

2.4 POLEAS

Debido a que se va a utilizar un motorreductor, y no hace falta realizar una reducción de velocidades desde el motorreductor hasta el eje; las poleas y bandas se va a utilizar para transmitir únicamente la potencia con una relación 1 a 1 en lo que a velocidad se refiere. Estas poleas se las utiliza por dos condiciones importantes:

Para que la banda que va a conectar las poleas, tanto del motorreductor como del eje motriz, ayude a disminuir los esfuerzos que se generan en el eje en el momento del arranque del motor, evitando de esta manera que el eje tenga un desgaste mayor y se disminuya la vida útil del mismo.

Por condiciones de espacio, debido a que si se coloca el motorreductor a continuación del eje motriz, se aumenta el espacio que ocupa la máquina, y colocando el sistema de poleas el motorreductor se coloca en la parte baja de la máquina teniendo una mejor ergonomía de la misma.

Debido a que la relación de transmisión es 1:1 la polea que se selecciona para el eje es la misma que se utilizará en la salida del motor.

2.1.3. DIÁMETRO MÍNIMO PARA LA POLEA.

Para el cálculo del diámetro de la polea se necesita tener la potencia de diseño, para esta se necesita un factor de servicio que se encuentra en catálogos, ver ANEXO 2.

$$P_{servicio} = 1,2(1,6) = 1,92[HP]$$

En el gráfico que se muestra a continuación, con la potencia de diseño= 1,92 HP y la velocidad del motor = 107 rpm, se cae en la zona AP, entonces es del tipo 'AP'. (ANEXO 3)

Para tener una breve idea del diámetro mínimo de la polea conductora, se toma una velocidad de 107 rpm, pero debido a que en el catálogo GATES (ANEXO 4) la velocidad mínima que se encuentra es de 575 rpm se va a trabajar con ese valor obteniendo un sobredimensionamiento de la banda.

El diámetro mínimo es: 3.8 pulgadas, y la distancia entre centros requerida es de 30 pulgadas, por lo que del ANEXO 5 se tiene:

- La correa escogida es la AP 70.
- El diámetro de la polea es de 3.75 pulgadas.

Se comprueba que la velocidad lineal de banda, no supere los 30 [m/s]

$$V_{lineal} = \frac{\pi * D * n}{12} \quad EC. 2.18$$

D: Diámetro de la polea=3,75 pulg.

n: RPM= 107rpm.

$$V_{lineal} = 105,05 \left[\frac{ft}{min} \right] = 0,53 \left[\frac{m}{s} \right];$$

$$V_{lineal} = 0,53 \left[\frac{m}{s} \right] < 30 \left[\frac{m}{s} \right]$$

La velocidad lineal de la banda si cumple con ésta condición de diseño.

Por lo que la polea escogida en el ANEXO 6 es adecuada para el trabajo que va a realizar.

2.1.4. FUERZA EJERCIDA POR LA POLEA

$$T = F_p \times r \quad EC. 2.19$$

De donde,

$$F_p = 272,97[N]$$

2.5 DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL

Para el diseño del eje motriz se establece inicialmente los parámetros de movimiento del disco:

$$P_{DISCO} = mg = 70,56 N \quad EC. 2.20$$

Donde, m es la masa del disco y g es la gravedad.

Si la velocidad máxima que se aplica al disco es de 1,68 m/seg se obtiene:

$$n = 107 rpm$$

El motoreductor nos provee de un torque de 13 Nm.

2.1.5. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EJE

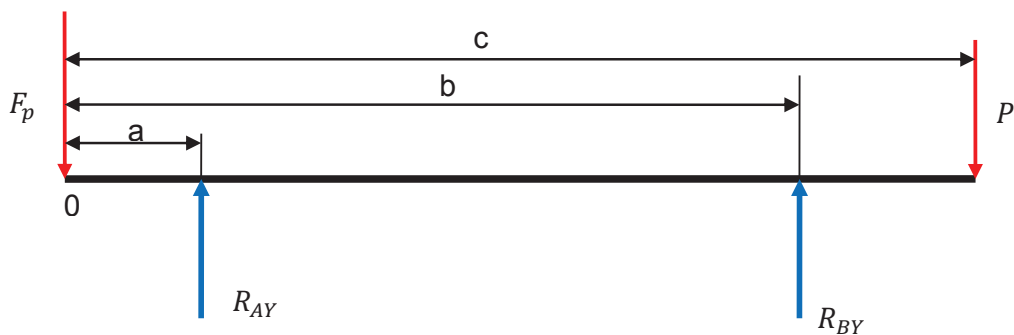


Figura 2.7 Diagrama de Cuerpo Libre del Eje

Fuente: Propia

Donde: $a = 0,05$ [m], $b = 0,210$ [m], $c = 0,260$ [m]

Realizando una sumatoria de fuerzas y de momentos se obtiene:

$$R_{AY} = 55,11[N]$$

$$R_{BY} = 74,25[N]$$

2.1.6. DIAGRAMAS DE FUERZA CORTANTE (V) Y MOMENTO FLECTOR (M)

Para efecto del cálculo se utiliza el programa MD-Solids que es de fácil y rápida aplicación. Figura 2.8

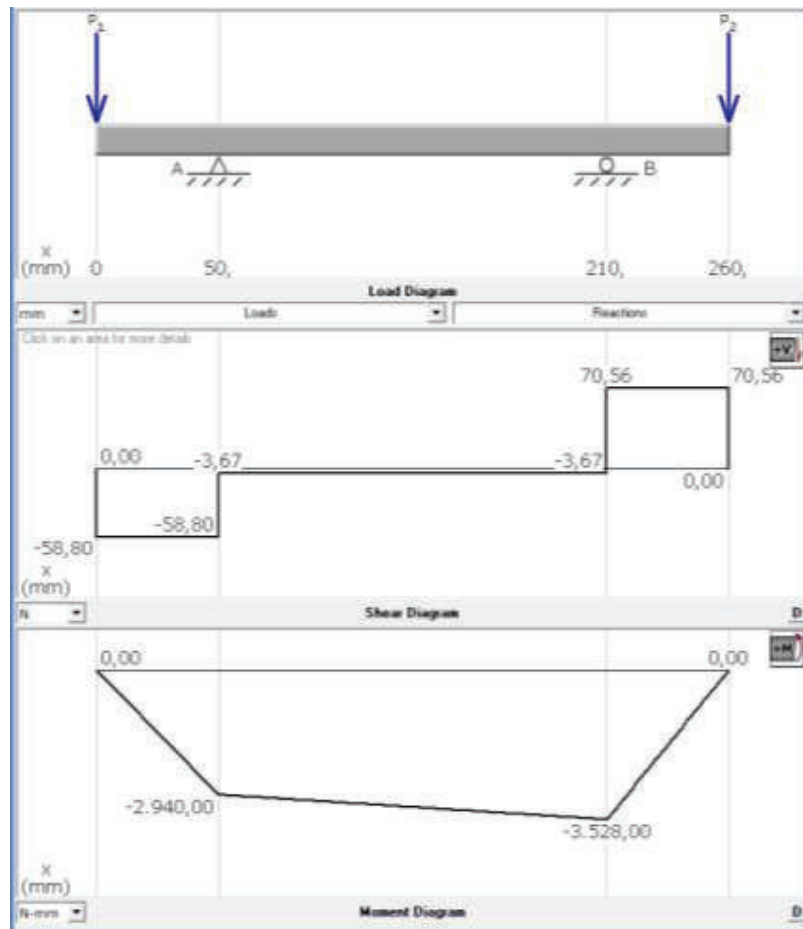


Figura 2.8 Diagramas de Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Fuente: Propia

Obteniendo como resultado un momento máximo de:

$$M = 3528[N - mm] = 3,53[N - m]$$

2.1.7. CÁLCULO DEL DIÁMETRO MÍNIMO

Para el cálculo del diámetro mínimo del eje se emplea la fórmula que obedece a la teoría de la energía de la distorsión¹²:

¹²SHIGLEY EDWARD; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill; Tercera edición; México, 1985, pág. 730; Ecuación 15-2

$$d = \left\{ \frac{32FS}{\pi S_y} \left[M^2 + \frac{3T^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad \text{EC. 2.21}$$

Donde,

d : diámetro mínimo del eje

FS : factor de seguridad = 2

S_y : esfuerzo de fluencia del material AISI 304 = 205 [MPa]

M : momento máximo

T : torsión

Empleando la EC. 2.21, se tiene que:

$$d_{min} = 1,05 [cm]$$

2.1.8. DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL EJE

La geometría del eje, es decir los cambios de sección, se diseñan tomando en cuenta el tipo de apoyo en los puntos A y B, bajo las consideraciones expuestas a continuación.

2.1.8.1. Soporte en el apoyo A y en el apoyo B

En el punto A y B, para cumplir las restricciones, se opta por una chumacera que se sujete al eje con un cambio de sección en los dos extremos.

Por lo que la geometría del eje es, Figura 2.9 :

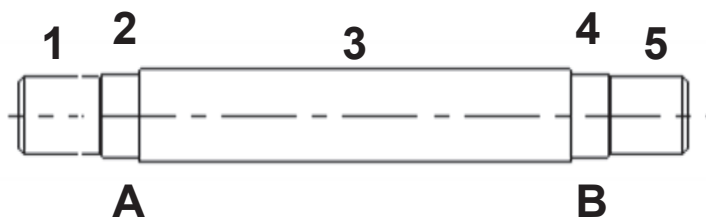


Figura 2.9 Geometría del Eje.

Fuente: Propia

2.1.9. DISEÑO DINÁMICO

2.1.9.1. Diagrama de Momento y Cortante

Para la parte dinámica también se toma en cuenta la fuerza que ejerce, a más del peso, la polea a través del torque, obteniendo los siguientes diagramas del MD-SOLIDS, Figura 2.10:

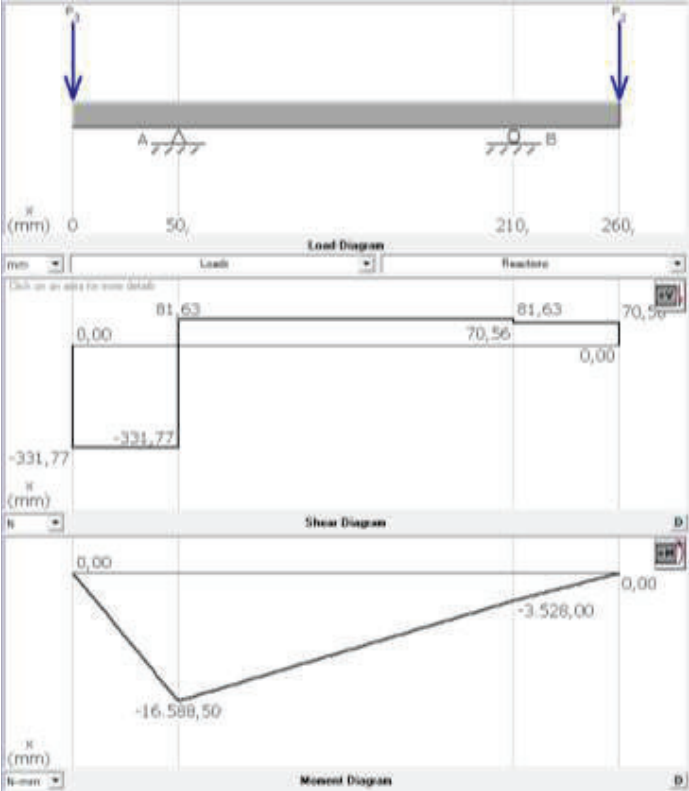


Figura 2.10 Diagramas de Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Fuente: Propia

Una vez obtenida la geometría del eje se sigue con el diseño dinámico considerando los efectos de la fatiga, para esto se emplea la fórmula de la energía de la distorsión, para una vida infinita¹³

$$d = \left\{ \frac{48FS}{\pi} \left[\left(\frac{T}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{M}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \tag{EC. 2.22}$$

Donde,

¹³SHIGLEY EDWARD; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill; Tercera edición; México, 1985; pág. 736; Ecuación 15-9

d : diámetro del eje

FS : factor de seguridad

S_y : esfuerzo de fluencia del material

M : momento máximo

T : torsión

S_e : límite de resistencia a la fatiga corregido

El límite de resistencia a la fatiga corregido se calcula con la EC. 2.23:¹⁴

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S_e' \quad \text{EC. 2.23}$$

Donde,

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la probeta

k_a : Factor de Superficie

k_b : Factor de tamaño

k_c : Factor de confiabilidad

k_d : Factor de temperatura

k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzos

k_f : Factor de efectos diversos

Cada uno de los factores para el cálculo del S_e se obtienen de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$S_e' = 0,5 S_{ut} = 0,5 \times 510 = 205 \text{ Mpa (acero AISI 304)} \quad \text{EC. 2.24}$$

k_a , se determina según la tabla en el ANEXO 7:

¹⁴SHIGLEY EDWARD; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill; Tercera edición; México, 1985; pág. 307; Ecuación 7-15

$$k_a = aS_{ut}^b = 1,74 \quad \text{EC. 2.25}$$

k_b , se determina según la ecuación:

$$k_b = 0,869d^{0.097} \quad \text{si } 0,3" < d < 10" \quad \text{EC. 2.26}$$

k_c , del ANEXO 8:

$$k_c = 1$$

k_d , del ANEXO 9:

$$k_d = 1,01$$

k_e , se determina según la ecuación ANEXO 9:

$$k_e = \frac{1}{k_{fs}} \quad \text{EC. 2.27}$$

$$k_{fs} = 1 + q(k_{ts} - 1) \quad \text{EC. 2.28}$$

k_f , efectos varios, que es este caso no se consideran, por lo cual su valor es 1.

Finalmente, para obtener los diámetros de cada una de las secciones, se efectúan los cálculos para varios diámetros, mediante la EC. 2.22, para conseguir el factor de seguridad más conveniente.

Tabla 2.2 Resultado del Límite de Resistencia a la Fatiga

Secciones del eje	S'e (ksi)	k_a	k_b	k_c	k_d	k_e	k_f	Se (ksi)
1	36,985	1,74	0,8420	1	1,01	0,9191	1	50,30
2	36,985	1,74	0,8490	1	1,01	0,8424	1	46,492
3	36,985	1,74	0,8690	1	1,01	0,8123	1	45,883
4	36,985	1,74	0,8490	1	1,01	0,8424	1	46,492
5	36,985	1,74	0,8420	1	1,01	0,9191	1	50,30

Fuente: Propia.

Tabla 2.3 Factores de Seguridad de Cada Una de las Secciones.

Secciones del eje	Diámetro (in)	Factor de Seguridad
1	0,722	5,41
2	0,787	6,84
3	1	13,98
4	0,787	6,84
5	0,722	5,41

Fuente: Propia

2.6 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y SOPORTE

Los rodamientos se asientan en las secciones 2 y 4 del eje, ver Figura 2.9 calculadas anteriormente, dichas secciones poseen el mismo diámetro de 20 mm (0,787 in), se escoge los rodamientos del catálogo virtual de SKF indicado en el ANEXO 10.

Obteniendo los rodamientos SKF 1205EKN9+H205 que además de poseer el diámetro requerido soportan las cargas y las rpms a las que va a estar sometido.

Se escoge un soporte que resista una fuerza estática calculada en los puntos anteriores, y que pueda contener al rodamiento antes calculado. Dicho soporte es el SNL 505 mostrado en el ANEXO 11.

Debido a que los rodamientos de marca SKF son de alto costo, se escoge un tipo más económico, pero que tenga la misma capacidad de carga, y las mismas características, lo mismo se realiza con el soporte que se escoge a continuación.

2.7 RESISTENCIA ELECTRICA

Se utiliza una resistencia eléctrica como se indica en la Figura 2.11 y se regula la cantidad de calor con un control de temperatura que utiliza una termocupla tipo J para evitar que la temperatura se exceda de los 50°C que necesita el chocolate para mantenerse líquido.



Figura 2.11 Resistencia Eléctrica.

Fuente: Propia

$$\text{Energía} = \text{calor} = Q = Cp \times m \times \Delta T \quad \text{EC. 2.29}$$

$$Q_{\text{sólido}} = 1570 \left[\frac{J}{kg^{\circ}C} \right] (30[kg])(50 - 15)[^{\circ}C] = 1669500[J] \quad \text{EC. 2.30}$$

$$Q_{\text{líquido}} = 1670 \left[\frac{J}{kg^{\circ}C} \right] (30[kg])(50 - 15)[^{\circ}C] = 1753500[J] \quad \text{EC. 2.31}$$

Tiempo de calentamiento = 20 min.

El calor máximo es cuando el chocolate está completamente líquido, por lo que se realiza el cálculo para esta situación.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{energía}}{\text{tiempo}} = \frac{1753500J}{1200s} = 1461.25 W \quad \text{EC. 2.32}$$

Resistencia a la temperatura de calentamiento:

$$R_t = \frac{V^2}{W} = \frac{110^2}{1461.25} = 8.28\text{ohm} \quad \text{EC. 2.33}$$

V=Voltaje nominal [Voltios]

W= Potencia necesaria para el calentamiento [Watt]

$$R = \frac{R_t}{F} = \frac{8.28}{1.006} = 8.23 \text{ohm} \quad \text{EC. 2.34}$$

R= Resistencia del elemento a 20°C [ohm]

Rt=Resistencia del elemento a la temperatura de operación [ohm]

F= Factor de resistencia – temperatura (20-100°C) = 1.006

$$\text{Resistencia/metro} = 8.23/1.5 = 5.48 \text{ [ohm/m]}$$

Se elige un alambre RW80 de 5.328 [ohm/m] y Ø0.51mm y se comprueba la longitud propuesta. Ver ANEXO 13.

$$L = \frac{8.23}{5.328} = 1.544 \text{m}$$

Se calcula el área superficial. De donde:

S = Area superficial

l= longitud de la resistencia eléctrica.

d= diámetro del alambre [mm]. Ver ANEXO 13.

$$S = \frac{W}{l \times d \times 31.416} = \frac{1461.25}{1.544 \times 0.51 \times 31.416} = 59.06 \frac{W}{\text{cm}^2} \quad \text{EC. 2.35}$$

2.8 CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO POR ELEMENTOS FINITOS

Para el dimensionamiento y comprobación de algunos elementos mecánicos se utiliza el método de elementos finitos que nos proporciona el complemento Stress Analysis de Inventor Professional. Con este complemento se puede efectuar simulaciones estáticas y dinámicas bajo la acción de condiciones de cargas diversas y complejas, obteniendo resultados muy aceptables y en un tiempo sumamente rápido.

El análisis de elementos finitos (FEA) es un método computarizado para predecir cómo un producto reacciona ante las fuerzas del mundo real, vibraciones, calor, flujo de fluidos, y otros efectos físicos. Muestra si un producto se romperá o trabajará en la forma en que fue diseñado. El análisis de elementos finitos trabaja rompiendo un objeto real en un gran número (miles a cientos de miles) de elementos finitos, como los pequeños cubos. Las ecuaciones matemáticas ayudan a predecir el comportamiento de cada elemento. Luego, el computador suma todos los comportamientos individuales para predecir el comportamiento del objeto real.¹⁵

2.1.10. SOPORTE DISCO FIJO

Este soporte se encarga de mantener fijo el disco, y centrado en su eje con cuatro pernos como se indica en la Figura 2.12.

¹⁵ <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=17670721>

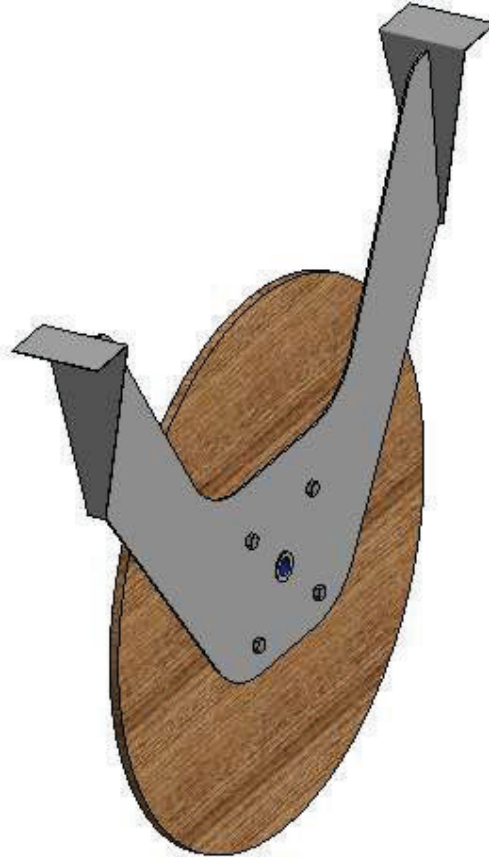


Figura 2.12 Soporte y Disco Fijo

Fuente: Propia

Primero se dimensiona el diámetro necesario del eje que va a soportar el disco fijo utilizando el paquete de simulación de Inventor. Se debe notar que el disco se soporta por el eje central principalmente, pero adicional tiene 4 agujeros para un apriete por pernos hexagonales.

La carga que debe soportar el eje es el peso del disco siendo este de $P=80$ N. Introduciendo este valor en la simulación se obtiene un valor mínimo de 15mm. Además se debe considerar que va a estar soportado por cuatro pernos que ayudan en su estabilidad y soporte. Se puede observar el resultado de la simulación en la Figura 2.13.

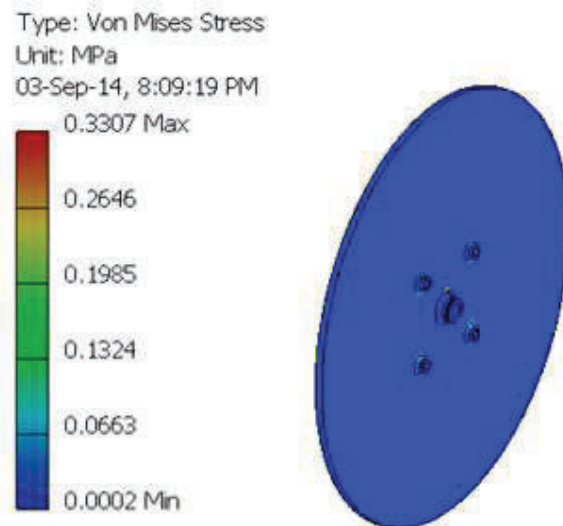


Figura 2.13 Simulación Disco Fijo Con Su Eje

Fuente: Propia

Además lo único que se logra al incrementar este diámetro, es mayor seguridad y rigidez en el diseño. Se puede apreciar el esquema del disco fijo en la Figura 2.14.



Figura 2.14 Soporte Disco

Fuente: Propia

Con este diámetro se puede simular el soporte del disco fijo y se obtienen los siguientes resultados indicados en la Figura 2.15.

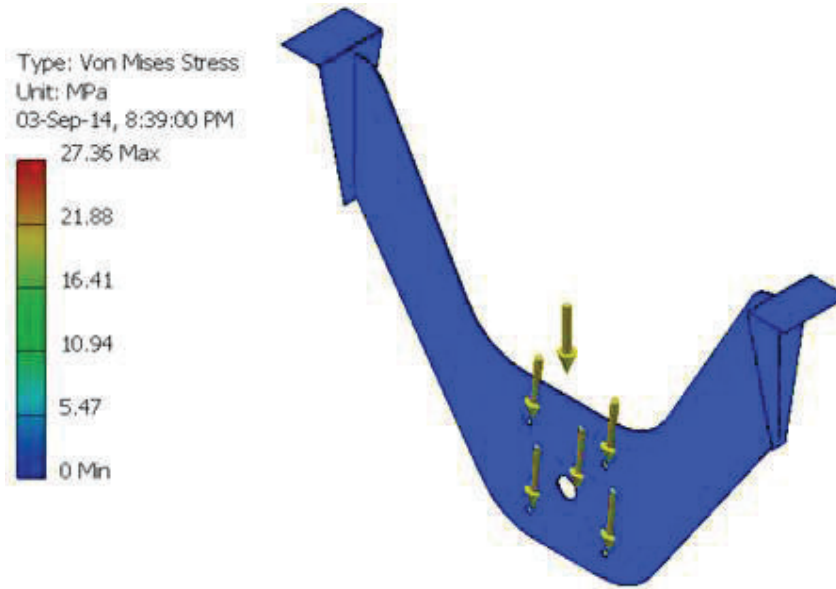


Figura 2.15 Resultados Simulación Soporte Disco.

Fuente: Propia

La simulación nos indica que espesor mínimo de la platina debe ser de 3mm ya que necesita resistir el pandeo, se observa que con este espesor tiene un esfuerzo de deformación muy pequeño con lo que este soporte es suficiente para mantener fijo al disco cumpliendo con las solicitaciones del diseño.

2.1.11. RECIPIENTE

El dimensionamiento del espesor de la chapa metálica se determina utilizando el paquete de análisis estático del software Inventor Professional.

La carga que debe soportar la chapa metálica depende específicamente del peso del chocolate, que se calcula a partir de la densidad y volumen del fluido tal como se indica a continuación.

$$m = \rho \times Vol_{recip}$$

EC. 2.36

Donde,

$$\rho \cong 1.3 \frac{g}{cm^3}; \text{ densidad del chocolate}$$

$$Vol_{\text{recip}} = 44850 \text{ cm}^3$$

De la EC. 2.36:

$$m = 58305 \text{ g} = 58.3 \text{ Kg}$$

La simulación por elementos finitos se realiza bajo las siguientes consideraciones:

- La carga está distribuida uniformemente sobre la chapa metálica, con un valor de $P=580\text{N}$ aplicada a todas las caras del recipiente según el área de contacto. Figura 2.16

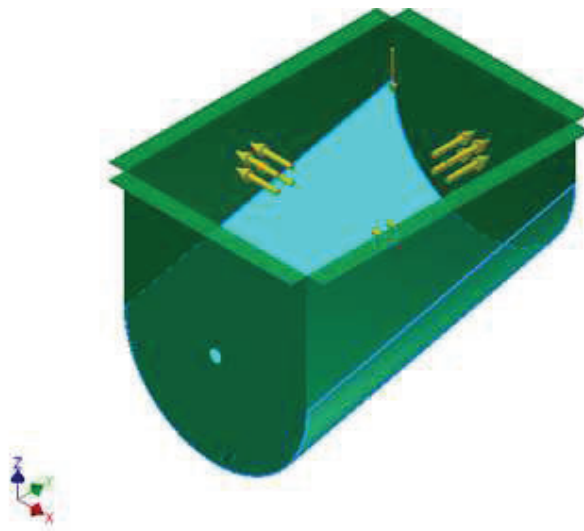


Figura 2.16 Diagrama de Fuerzas.

Fuente: Propia

- Los apoyos fijos son las pestañas superiores que son sujetas con pernos para mayor estabilidad y el material de la chapa metálica es acero inoxidable AISI 304 con un esfuerzo a la fluencia de 205Mpa.
- La tapa perforada tiene un espesor mayor, para resistir los esfuerzos por el movimiento del eje.

En la Tabla 2.4 se indican los resultados de un factor de seguridad respecto a varios espesores de chapa metálica.

Tabla 2.4 Factor de Seguridad Según Espesor.

Espesor de Champa metálica [mm]	Factor de Seguridad
1	2
1.2	5
1.5	8
2	15

Fuente: Propia

De la Tabla 2.4 se selecciona una chapa metálica de 1.2 mm acero inoxidable AISI 304 con el cual tenemos un factor de seguridad de 5 el cual nos garantiza la rigidez suficiente del recipiente y además se da un valor de seguridad extra para cargas adicionales no consideradas. El resultado de la simulación la podemos ver en la Figura 2.17.

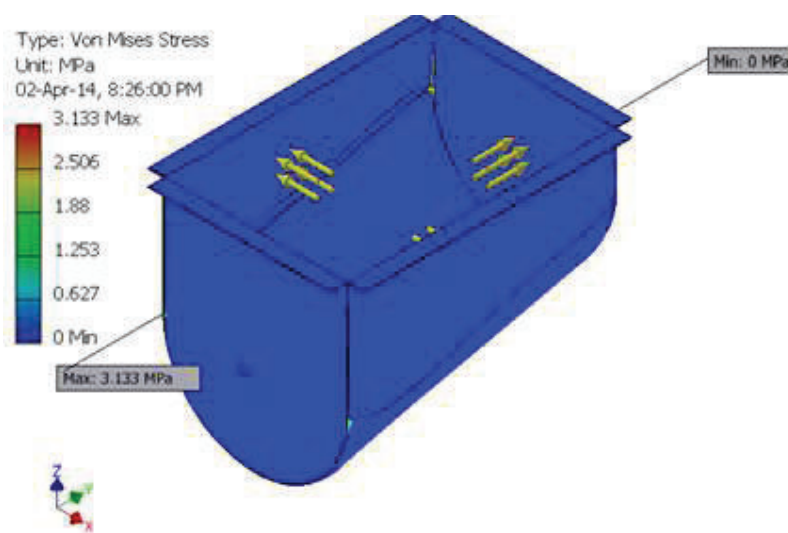


Figura 2.17 Resultados Simulación Recipiente

Fuente: Propia

Se debe tener en cuenta que la tapa curva más grande es la encargada de resistir la fuerza del giro del disco, además de tener el momento máximo, por lo que se considera a esta pared de espesor 3mm. Logrando que sea más resistente en el lado del giro evitando que se pueda pandear al manipular las perforaciones y soldadura. Como se analizó al inicio de este capítulo, el ángulo necesario para que el chocolate deslice es de $14,6^\circ$. Por tanto se le incluye este ángulo para que pueda deslizar el chocolate con facilidad en dirección a los discos.

2.9 ESTRUCTURA

Para el cálculo de la estructura soporte se empieza encontrando las masas que deben soportar los elementos de la estructura tal como indica la Tabla 2.5 donde:

Tabla 2.5 Diagramas de Eje Móvil.

Número de carga	Descripción	Cargas [Kg]	Cargas [Kg]
1	Recipiente	15	90,7
	Chocolate	70	
	Válvula	0,3	
	Soporte Disco Fijo	0,37	
	Disco Fijo	3,52	
	Varilla de ajuste	0,26	
	Pernos	0,3	
	Retenedores	0,9	
2	Disco Móvil	3,95	10,0
	Eje Disco Móvil	0,8	
	Polea Disco Móvil	0,7	
	2 Chumaceras	3,4	
	Pernos	0,3	
	Banda de transmisión	0,4	
	Placa de ajuste	0,42	
3	Polea Motor	0,7	33,8
	Motor Eléctrico	30	
	Eje del motor	0,35	
	Eje de giro del motor	0,25	
	Placa de asiento del motor	2	
	Pernos	0,5	
4	Resistencia Eléctrica	3,5	3,5
5	Planchas Cobertoras	12	12,0
6	Personas	140	140,0
	TOTAL	289,9	289,9

Estas cargas se distribuyen adecuadamente sobre cada elemento que lo contiene, por ejemplo, la carga número 1, representada principalmente por el recipiente, el chocolate el disco fijo y el soporte del disco, se distribuye sobre los cuatro elementos que soportan el recipiente. De la misma forma se distribuyen el resto de cargas para el eje motriz, el motor y la hornilla. Además se deben considerar dos cargas adicionales, la primera son las placas para cubrir los elementos móviles y evitar lesiones, y la segunda una carga viva importante, cuando una persona se sube en la estructura, esta debe resistir sin deformarse plásticamente.

Para el diseño de los elementos a flexión se necesita el momento máximo que actúa sobre los elementos, y para agilizar el cálculo se utiliza el software Robot Structural quedando las cargas como se indica en la Figura 2.18

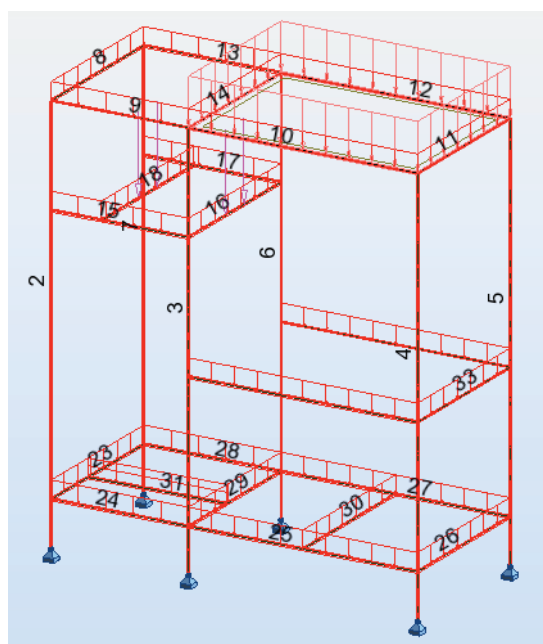


Figura 2.18 Reacciones en los Elementos a Flexión.

Fuente: Propia.

Para los elementos a flexión se calcula con las ecuaciones (EC. 2.37, EC. 2.38 y EC. 2.39):

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{MC}{I_{xx}} = \frac{M}{S_{xx}} \quad S_{xx} = \frac{I_{xx}}{C} \quad \text{EC. 2.37}$$

$$\frac{M}{S_{xx}} \leq [\sigma]_{Material} = \frac{Sy}{FS} \quad EC. 2.38$$

$$S_{xx} \geq \frac{M}{[\sigma]_{Material}} \quad EC. 2.39$$

Dónde:

$\sigma_{m\acute{a}x}$: Esfuerzo en el elemento

M: Momento máximo en el elemento

C: Distancia al eje neutro del material [pulg].

I: Inercia del material [pulg⁴]

Sxx: Módulo de la resistencia elástica [pulg³]

Sy: Esfuerzo de fluencia del material [KSI]

FS: Factor de seguridad

$[\sigma]_{Material}$ = Esfuerzo del material [KSI]

Los elementos con el momento máximo son los cuales soportan el motor eléctrico. Por lo cual se busca un perfil angular que soporte este motor. El factor de seguridad mínimo es de 1.66 por lo que se utiliza un factor de 2. El material para la estructura soporte puede ser un acero normal ya que no va a estar en contacto con el chocolate, con lo cual se utiliza el acero A-36

De la EC. 2.38 se tiene:

$$[\sigma]_{Material} = \frac{Sy}{FS} = 18KSI = 124.1MPa = 124.1 \frac{N}{mm^2}$$

M = 84,05 Nm, Momento máximo en los elementos.

Utilizando la EC. 2.39, se obtiene $S_{xx} = 677mm^3 = 0.67 \text{ cm}^3$

Con este valor de resistencia elástica se selecciona un perfil angular L30x30x3 donde su $S_{xx}=0.67\text{cm}^3$, este valor cubre con las necesidades del diseño. Con este ángulo es suficiente para resistir todas las cargas. Para el motor y las chumaceras se necesita un área de contacto mayor por lo que, solo en estos tres elementos se selecciona un perfil angular L40x40x3.

Para el diseño de los elementos a compresión, es decir, las columnas se toma el perfil de los elementos a flexión y con ayuda del software Robot Structural se realiza el cálculo de verificación. Queda la estructura soporte de la siguiente manera indicada en la Figura 2.19:



Figura 2.19 Estructura Soporte Final.

Fuente: Propia.

La Tabla 2.6 se muestra el resumen de las cargas que se aplican sobre las columnas, estas cargas vienen a ser la suma de todas las reacciones en los elementos, transmitidas a cada columna y se puede observar en la Figura 2.20 su distribución.

Tabla 2.6 Cargas en Columnas

Columna	Carga [Kg]
1	2,66
2	2,58
3	4,12
4	4,08
5	3,06
6	3,06

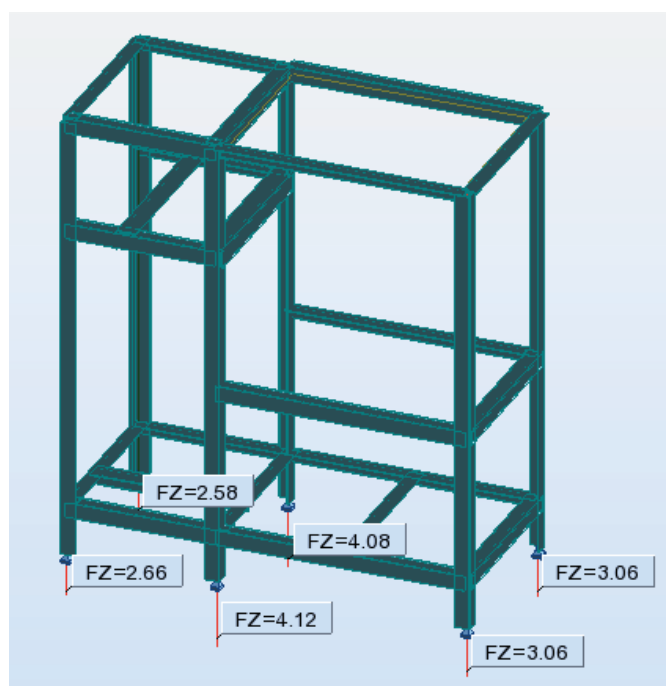


Figura 2.20 Reacciones en Cada Columna.

Fuente: Propia

Para entender el detalle de la estructura se indica en la Figura 2.21, los elementos más importantes para entender los resultados de los cálculos.

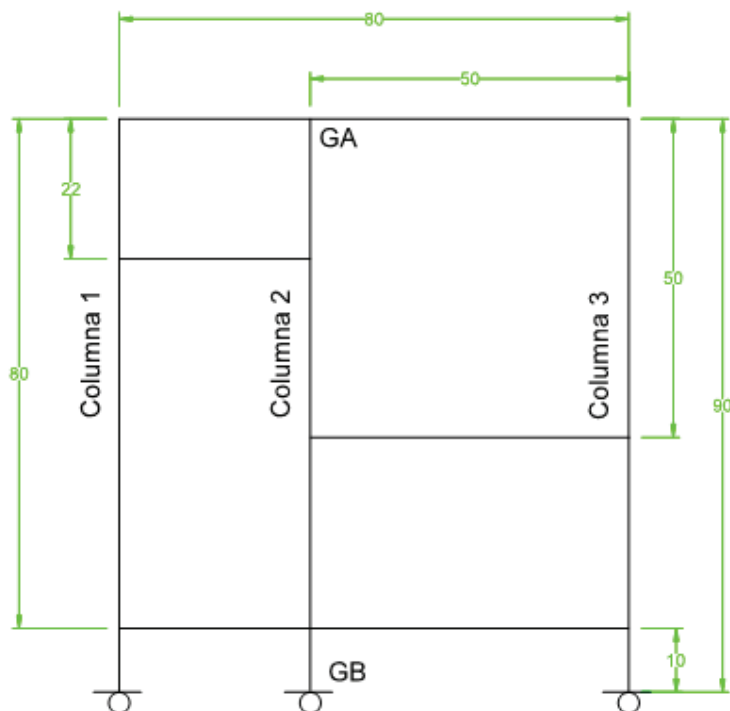


Figura 2.21 Diagrama Frontal de la Estructura

Fuente: Propia

Como una ayuda para obtener los resultados de manera ágil y rápida se lleva a cabo una simulación en el software Robot Structural sometiéndole a la estructura a las condiciones de carga indicadas en la Tabla 2.6. Además de incluirle el perfil angular.

Se obtiene los siguientes resultados indicados en la Figura 2.22. Esta tabla indica que todos los perfiles están dentro del rango de trabajo, y que la mayoría trabaja debajo de su capacidad.

Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
2 Column_2	Angulo 30x3	STEEL A36	100.24	100.24	0.18	2 Carga Viva
3 Column_3	Angulo 30x3	STEEL A36	99.99	99.99	0.27	2 Carga Viva
4 Column_4	Angulo 30x3	STEEL A36	100.24	100.24	0.24	2 Carga Viva
5 Column_5	Angulo 30x3	STEEL A36	100.24	100.24	0.25	2 Carga Viva
6 Column_6	Angulo 30x3	STEEL A36	99.99	99.99	0.27	2 Carga Viva
7 Column_7	Angulo 30x3	STEEL A36	100.24	100.24	0.17	2 Carga Viva
8 Column_8	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.07	2 Carga Viva
9 Column_9	Angulo 30x3	STEEL A36	33.41	33.41	0.12	2 Carga Viva
10 Column_10	Angulo 30x3	STEEL A36	55.69	55.69	0.16	2 Carga Viva
11 Column_11	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.08	2 Carga Viva
12 Column_12	Angulo 30x3	STEEL A36	55.69	55.69	0.16	2 Carga Viva
13 Column_13	Angulo 30x3	STEEL A36	33.41	33.41	0.12	2 Carga Viva
14 Column_14	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.07	2 Carga Viva
15 Column_15	Angulo 30x3	STEEL A36	33.41	33.41	0.12	2 Carga Viva
16 Column_16	Angulo 40x3	STEEL A36	28.71	28.71	0.04	2 Carga Viva
17 Column_17	Angulo 30x3	STEEL A36	33.41	33.41	0.12	2 Carga Viva
18 Column_18	Angulo 40x3	STEEL A36	28.71	28.71	0.07	2 Carga Viva
19 Column_19	Angulo 30x3	STEEL A36	55.69	55.69	0.24	2 Carga Viva
20 Column_20	Angulo 30x3	STEEL A36	55.69	55.69	0.24	2 Carga Viva
21 Column_21	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.12	2 Carga Viva
22 Column_22	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.12	2 Carga Viva
23 Column_23	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.12	2 Carga Viva
24 Column_24	Angulo 30x3	STEEL A36	33.41	33.41	0.08	2 Carga Viva
25 Column_25	Angulo 30x3	STEEL A36	55.69	55.69	0.25	2 Carga Viva
26 Column_26	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.07	2 Carga Viva
27 Column_27	Angulo 30x3	STEEL A36	55.69	55.69	0.25	2 Carga Viva
28 Column_28	Angulo 30x3	STEEL A36	33.41	33.41	0.80	2 Carga Viva
29 Column_29	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.12	2 Carga Viva
30 Column_30	Angulo 30x3	STEEL A36	38.98	38.98	0.12	2 Carga Viva
31 Column_31	Angulo 40x3	STEEL A36	24.59	24.59	0.05	2 Carga Viva

Figura 2.22 Resultados Simulación Estructura.

Fuente: Propia

Se puede apreciar que todos los perfiles soportan las cargas, cumpliéndose el diseño de los elementos. Además en la Figura 2.23 se observa el resumen de los elementos utilizados para la estructura, detallando cada elemento para su construcción.

Type	Number	Length (m)	Unit weight (kg/m)	Bar weight (kg)	Total weight (kg)	Painting area (m ²)
STEEL A36						
Angulo 30x3	6	0.30	1.36	0.41	2	0.21
Angulo 30x3	9	0.35	1.36	0.48	4	0.36
Angulo 30x3	6	0.50	1.36	0.68	4	0.35
Angulo 30x3	6	0.90	1.36	1.23	7	0.62
Angulo 40x3	1	0.30	1.84	0.55	1	0.05
Angulo 40x3	2	0.35	1.84	0.65	1	0.11
Total per sections						
Angulo 30x3	27	13.35	1.36	18.20	18	1.54
Angulo 40x3	3	1.00	1.84	1.84	2	0.15
Total					20	1.70

Figura 2.23 Perfiles Necesarios Para la Construcción.

Fuente: Propia

CAPÍTULO 3 CONSTRUCCIÓN, MONTAJE, PROTOCOLO DE PRUEBAS Y AJUSTES DE LA MÁQUINA.

Se dará a conocer el procedimiento realizado para la construcción y montaje de la máquina. Tipos de máquinas y herramientas usadas.

3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

Se necesita para realizar la construcción y montaje de la máquina del siguiente equipamiento.

- Máquinas herramientas adecuadas.
- Materia prima correspondiente.
- Espacio de trabajo.
- Personal capacitado.

Con estos parámetros y un buen criterio de diseño se consigue los resultados esperados.

3.1.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los requerimientos (herramientas, instrumentos de medida, maquinaria, materiales, etc.) necesarios para la construcción de la máquina acondicionadora de chocolate se detallan a continuación.

3.1.1.1 Máquinas y Herramientas

- Torno
- Sierra Eléctrica
- Soldadora Eléctrica
- Soldadora TIG
- Fresadora

- Amoladora
- Taladro
- Roladora
- Dobladora
- Cortadora de Plasma CNC

3.1.1.2 Herramientas

- Brocas
- Cuchilla de acero
- Limas
- Martillo
- Rayador
- Sierra de arco
- Esmeril
- Disco de desbaste
- Discos de Pulido
- Juego de llaves y copas de rachas
- Destornilladores

3.1.1.3 Instrumentos De Medición

- Calibrador Pie de Rey
- Flexómetro
- Nivel
- Escuadra

3.1.1.4 Materia Prima

- Eje de acero AISI 304 Ø 1 pulg
- Eje de acero AISI 304 Ø 3 pulg
- Eje de acero AISI 304 Ø 3/8 pulg
- Plancha de acero AISI 304 1.2mm espesor
- Plancha de acero AISI 304 8mm espesor
- Plancha de acero AISI 304 3mm espesor
- Plancha de acero AISI 304 0.8 mm espesor
- Placa de acero AISI 1010 10mm espesor
- Barra cuadrada sólida
- Perfiles angulares

3.1.1.5 Elementos Normalizados

- Rodamientos
- Pernos, tuercas, arandelas
- Poleas
- Banda

3.1.1.6 Elementos Adicionales

- Motorreductor
- Hornilla eléctrica
- Elementos de control

3.2 HOJA DE PROCESOS

La construcción de la máquina prototipo, debe tener una guía de procedimientos, por tanto es indispensable realizar hojas de procesos para el maquinado de los elementos que presentan dificultad otorgándole una ayuda al operario encargado de la fabricación.

Las hojas de proceso necesarias para la fabricación de estos elementos se detallan a continuación y se podrán ser visualizadas en el ANEXO 16

- Fabricación Recipiente.
- Fabricación Eje motriz.
- Fabricación Eje del motor.
- Fabricación Seguro del eje del motor.
- Fabricación Disco Móvil.
- Fabricación Disco Fijo.
- Fabricación Soporte Disco Fijo.
- Fabricación Varilla de ajuste.
- Fabricación del retenedor tapa A y tapa B.
- Fabricación templador de la banda.

3.3 ELEMENTOS A CONSTRUIR

La máquina acondicionadora de chocolate tiene los siguientes elementos a ser contruidos.

Tabla 3.1 Elementos a ser contruidos

ELEMENTO	CANTIDAD
Recipiente	1
Disco Móvil	1

Disco Fijo	1
Soporte Disco Fijo	1
Eje Motriz	1
Eje del motor	1
Seguro eje del motor	1
Estructura Soporte	1
Varilla de ajuste	1
Retenedor tapa A	1
Retenedor tapa B	1
Templador de banda	1

3.4 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA PROTOTIPO

Las etapas para la construcción de los elementos se detalla a continuación.

- Adquisición o compra de la materia prima.
- Trazado del diseño en los elementos.
- Corte o maquinado a dimensiones establecidas siguiendo los pasos de las hojas de procesos.
- Eliminación de rebabas y escoria, pulido y limpieza general.
- Comprobación de las dimensiones.
- Montaje o ensamble de todos los elementos.
- Verificación final de todas las partes.

A continuación se añaden algunas fotografías de la construcción de los elementos para la máquina.



Figura 3.1 Disco Móvil.

Fuente: Propia



Figura 3.2 Retenedor Tapa A.

Fuente: Propia.



Figura 3.3 Fabricación del Disco Móvil.

Fuente: Propia



Figura 3.4 Limpieza del Soporte del Disco Fijo.

Fuente: Propia



Figura 3.5 Fabricación de la Estructura Soporte.

Fuente: Propia

3.5 MONTAJE DE LA MÁQUINA

Una vez finalizada la fabricación de los elementos constitutivos del prototipo se procede a realizar el montaje de los mismos mediante los siguientes pasos indicados a continuación. Tabla 3.2

Tabla 3.2 Pasos Para el Montaje de la Máquina Prototipo.

Paso	DESCRIPCIÓN
1	Ubicar la estructura soporte
2	Soldar las puertas a la estructura.
3	Instalar unión y neplo en el bushing y la resistencia eléctrica en el recipiente

4	Colocar la lámina que soporta el aislante en la estructura.
5	Colocar el aislante sobre la lámina.
6	Colocar y centrar el recipiente.
7	Colocar los pernos de fijación del recipiente a la estructura.
8	Instalar las chumaceras, chaveta y polea en el eje motriz.
9	Colocar el sello de teflón en el retenedor B.
10	Instalar el retenedor A sin apretar los pernos.
11	Colocar el eje motriz y ajustar los pernos de las chumaceras una vez que este concéntrico en los retenedores.
12	Ajustar los pernos del retenedor.
13	Colocar la polea y su chaveta en el eje del motorreductor.
14	Instalar el eje del motorreductor en su cavidad.
15	Instalar la tapa del eje del motorreductor.
16	Unir el eje pivote y la base el motorreductor a las columnas, soldar las columnas a la estructura.
17	Colocar la banda de transmisión.
18	Instalar y centrar el motorreductor en su base, coincidir con la polea del eje motriz y templar la banda.
19	Colocar la varilla de ajuste con su sello y su tuerca tope.
20	Instalar el disco móvil al eje motriz.
21	Colocar el soporte fijo al disco fijo.
22	Instalar el soporte fijo.

23	Instalar tuerca y pasador en la varilla de ajuste.
24	Instalar placa tope de regulación y tuerca de ajuste.
25	Colocar la caja de control eléctrico
26	Conectar el motorreductor y la resistencia eléctrica al control eléctrico.
27	Instalar las cubiertas de la máquina.
28	Instalar la termocupla.

Para el montaje del control eléctrico de la máquina, se debe seguir el esquema indicado en el ANEXO 14. Para la manipulación y programación del control se debe seguir los pasos explicados en el ANEXO 15.

3.5.1 FOTOGRAFÍAS DE MONTAJE

A continuación se añaden algunas fotografías del montaje de los elementos de la máquina.



Figura 3.6 Montaje Recipiente.

Fuente Propia



Figura 3.7 Montaje Eje Motriz.

Fuente Propia



Figura 3.8 Montaje Motor en Templador.

Fuente Propia



Figura 3.9 Montaje Disco Móvil.

Fuente Propia



Figura 3.10 Montaje Soporte Disco Fijo.

Fuente Propia



Figura 3.11 Montaje Placa Tope.

Fuente Propia



Figura 3.12 Montaje Control Eléctrico.

Fuente Propia



Figura 3.13 Montaje Control Eléctrico.

Fuente Propia



Figura 3.14 Máquina Final.

Fuente Propia

3.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS Y AJUSTES DE LA MÁQUINA.

Una vez que el prototipo ha sido construido, el mismo debe ser sometido a varias pruebas, las cuales garantizan un correcto funcionamiento de este; los parámetros a evaluar en este protocolo de pruebas son los siguientes:

- Inspección de elementos y piezas de la máquina

- Prueba de funcionamiento en vacío
- Prueba de funcionamiento con carga

3.6.1 INSPECCIÓN DE ELEMENTOS Y PIEZAS DE LA MÁQUINA

Una vez construida la máquina refinadora de chocolate, se debe realizar una comprobación del montaje de cada uno de los elementos, es decir, que estos se encuentren correctamente posicionados y ajustados antes de proceder con su encendido.

3.6.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO EN VACÍO

Luego que se ha superado de una manera satisfactoria la primera parte del protocolo de pruebas, se procede a realizar las pruebas en vacío de la máquina, la misma que no es más que la puesta en marcha de la máquina sin la presencia de carga; lo cual es muy importante verificar para conocer el estado de funcionamiento del sistema de transmisión, la velocidad angular de los discos, el estado del motorreductor, así como también, que todos los pernos tengan el ajuste indicado para evitar sonidos extraños durante el funcionamiento de la refinadora de chocolate.

3.6.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA

Al finalizar la prueba de vacío, se debe proceder a realizar las pruebas con carga; las mismas que consisten en utilizando una determinada cantidad de chocolate, similar al que posteriormente va a ser procesado en una microempresa, y mediante un cronómetro y una prueba de granulometría, se determina el tiempo que se necesita para obtener la granulometría idónea del chocolate.

A continuación se muestra un formato tipo tabla en el cual constan todas las pruebas que se debe realizar para la comprobación del correcto funcionamiento de la máquina.

Tabla 3.3 Tabla Resumen del Protocolo de Pruebas y Ajustes

PROTOCOLO DE PRUEBAS		
Máquina de Acondicionamiento Final de Chocolate		
EMPRESA:	Nombre del Verificador:	
FECHA:	NUMERO DE HOJA:	1/1
VERIFICACIÓN DEL MONTAJE		
Prueba	Cumple	No cumple
1. Ubicación correcta de elementos.	X	
2. Comprobar montaje del motorreductor.	X	
3. Montaje de bandas	X	
4. Montaje de discos	X	
FUNCIONAMIENTO VACIO/CARGA DEL PROTOTIPO		
Prueba	Cumple	No Cumple
Encendido de la máquina.	X	
Movimiento de los discos	X	
Espaciamiento entre discos	X	
Apagado de la máquina	X	
GRANULOMETRÍA DEL CHOCOLATE		
Tiempo	Cumple	No Cumple
12 horas	X	
24 horas	X	

30 horas	X	
CONCLUSIÓN		
	Se Acepta	No se Acepta
PROTOTIPO	X	
OBSERVACIONES		

3.7 PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas de campo nos dan una idea del funcionamiento, es decir, si la máquina se encuentra dentro de los parámetros necesarios para un correcto funcionamiento. Después de realizar las pruebas se detallan a continuación los resultados.

3.7.1 FOTOGRAFÍAS DE PRUEBAS DE CAMPO

Se añaden fotografías en los momentos más indispensables de las pruebas de funcionamiento del molino para acondicionamiento final del chocolate. Figura 3.15 y Figura 3.16



Figura 3.15 Funcionamiento del Control Eléctrico.

Fuente Propia



Figura 3.16 Funcionamiento del Molino Acondicionador.

Fuente Propia

3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.8.1 GRANULOMETRIA INICIAL DEL CHOCOLATE

La obtención de la granulometría de la materia prima que se utiliza en el presente proyecto de titulación, se realiza en el Laboratorio de Metalografía de la Escuela Politécnica Nacional con la ayuda del microscopio que posee dicho laboratorio, obteniéndose los siguientes resultados (Figura 3.17):

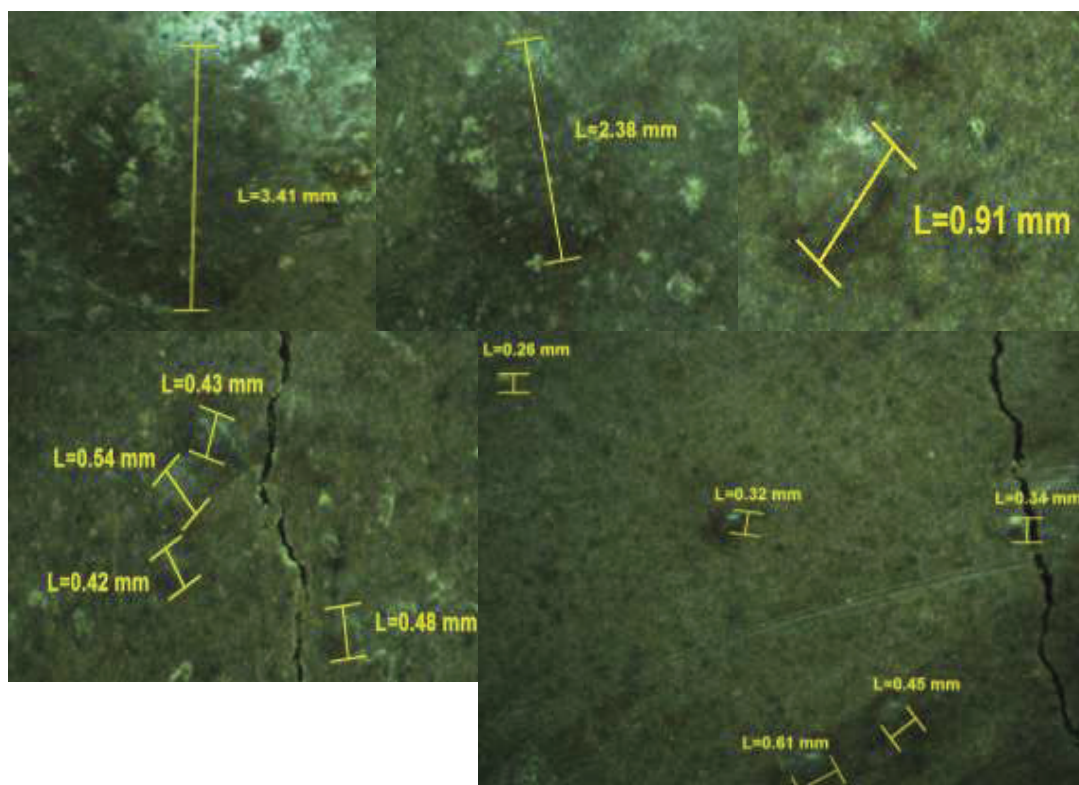


Figura 3.17 Tamaño de Grano del Chocolate

3.8.2 RESULTADOS DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS

Tabla 3.4 Resultados de Protocolo de Pruebas y Ajustes

PROTOCOLO DE PRUEBAS		
Máquina de Acondicionamiento Final de Chocolate		
EMPRESA: G&D Asociados	Nombre del Verificador: Ing. Patricio	
FECHA: 04/02/2015	NUMERO DE HOJA: 1/1	
VERIFICACIÓN DEL MONTAJE		
Prueba	Cumple	No cumple
1. Ubicación correcta de elementos.	X	
2. Comprobar montaje del motorreductor.	X	
3. Montaje de bandas	X	
4. Montaje de discos	X	

FUNCIONAMIENTO VACIO/CARGA DEL PROTOTIPO		
Prueba	Cumple	No Cumple
Encendido de la máquina.	X	
Movimiento de los discos	X	
Espaciamiento entre discos	X	
Apagado de la máquina	X	
GRANULOMETRÍA DEL CHOCOLATE		
Tiempo	Cumple	No Cumple
12 horas	X	
24 horas	X	
30 horas	X	
CONCLUSIÓN		
	Se Acepta	No se Acepta
PROTOTIPO	X	
OBSERVACIONES		
El prototipo se ha desempeñado correctamente sin presentar novedades.		

3.8.3 GRANULOMETRIA FINAL DEL CHOCOLATE

El resultado obtenido, luego de haber realizado la prueba respectiva, en lo que a la granulometría se refiere, se realiza en el Laboratorio de Metalografía de la Escuela Politécnica Nacional con la ayuda del microscopio que posee dicho laboratorio, ver Figura 3.18, Figura 3.19 y Figura 3.20.

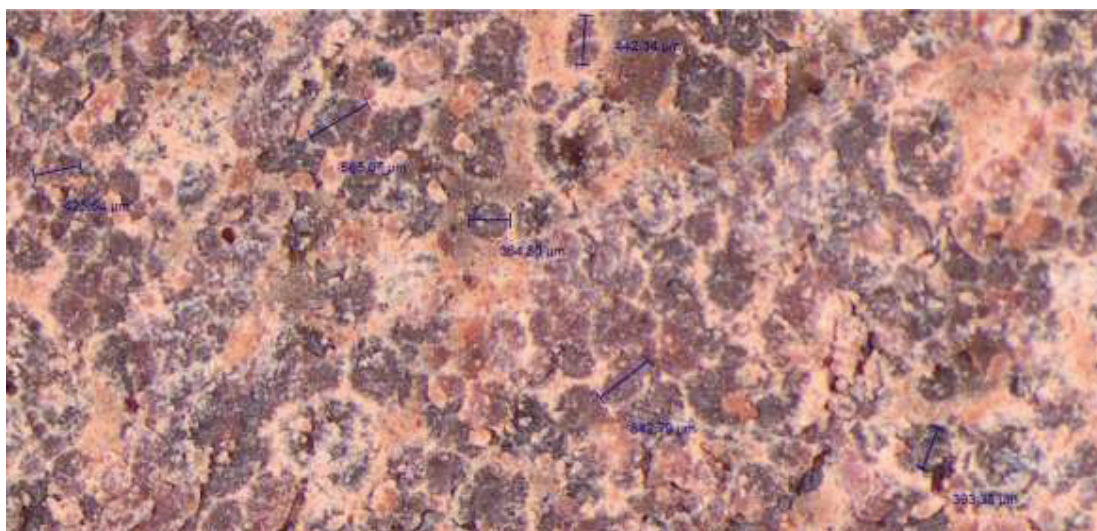


Figura 3.18 Tamaño de Grano del Chocolate a las 12 horas

Como se puede observar en la Figura 3.18 se tiene tamaños de 0,426 mm, 0,585 mm, 0,442 mm, 0,365 mm, 0,543 mm y 0,393 mm; obteniendo un tamaño similar de grano dentro de un rango de $\pm 0,1$ mm.



Figura 3.19 Tamaño de Grano del Chocolate a las 24 horas

De la Figura 3.19, se tiene que el tamaño de grano luego de haber realizado la molienda del producto por 24 horas es de: 0,359 mm, 0,398 mm, 0,325 mm, 0,295 mm y de 0,290 mm, de lo cual la variación del grano es de alrededor de 0,05 mm.

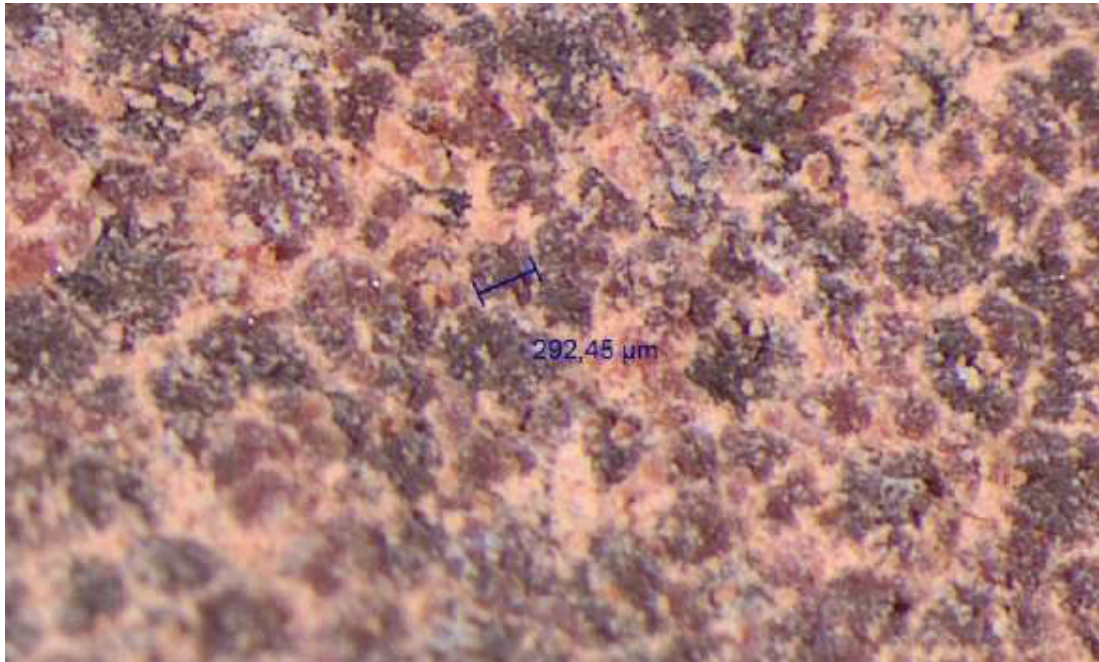


Figura 3.20 Tamaño Final de Grano del Chocolate

Para finalizar, en la Figura 3.20 correspondiente al tamaño de grano luego de que el chocolate ha sido molido por un lapso de 30 horas, se tiene que el tamaño de grano es de 0,292 mm.

3.8.4 CURVA DE CALENTAMIENTO DEL CHOCOLATE

La curva se obtiene a partir la toma de datos cada minuto durante un período de tiempo de 2 horas. Para controlar la temperatura hasta la que debe llegar la materia prima y evitar que esta se quemé, se utiliza el control de temperatura, el cual se encarga de que la temperatura del producto no sobrepase los 50 °C que es la temperatura óptima de trabajo; al encender la resistencia de calentamiento empieza a derretirse el chocolate y a los 40 minutos todo el producto está derretido, a partir de los 20 minutos, cuando el chocolate se encuentra en gran parte derretido, se procede a encender el mecanismo de molienda para facilitar la homogenización de la temperatura en toda la mezcla. A continuación se muestra la curva de calentamiento obtenida a través del proceso descrito anteriormente. (Figura 3.21)

CALENTAMIENTO DEL CHOCOLATE

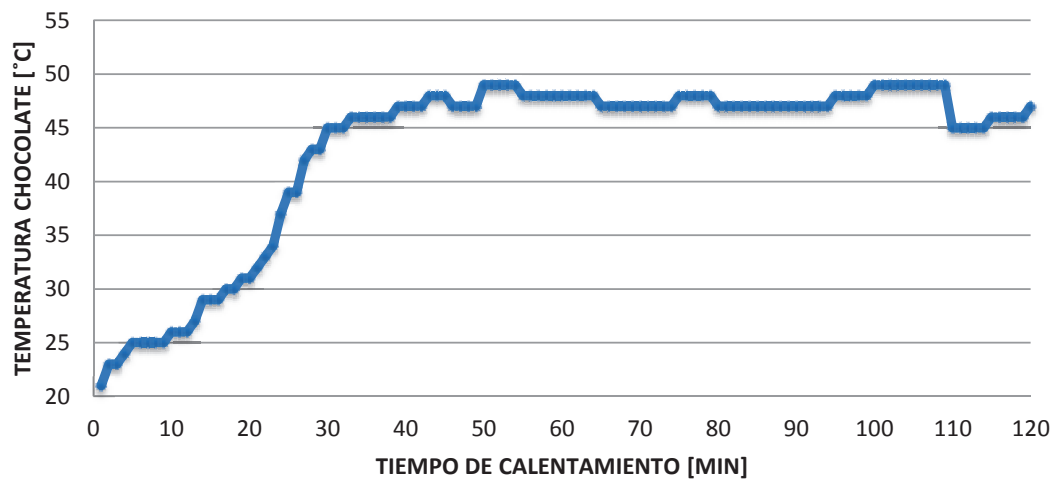


Figura 3.21 Curva de Calentamiento del Chocolate

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo se realiza un análisis de los costos que debe incurrirse para la construcción de la máquina prototipo propuesta en este proyecto.

Para una mayor facilidad se agrupan los costos en las siguientes categorías.

- Materiales (Materia Prima).
- Materiales Normalizados.
- Maquinado y Mano de Obra.
- Servicio de Corte.
- Costo Total.

4.1 MATERIALES

Los materiales son la materia prima necesaria e indispensable para la construcción del prototipo. En algunos de estos materiales quedan desperdicios que se deben tener en cuenta. A continuación se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Materiales (Materia Prima).

MATERIALES						
Pieza	Proveedor	Cantidad		Descripción		
			Kg/u	Kg total	\$/kg	USD
Perfil ángulo 30x30x3mm x 6m	DIPAC	3	7,8	23,4	1,4	32,76
Plancha AISI 304 1,2mm	IMPORTACEROS	1	27,4	27,4	4,04	110,7
Eje de acero AISI 304 Ø1 pulg.	DIPAC	1	1,3	1,3	4,8	6,24
Disco de acero AISI 304 Ø305mmx8mm	Aceros Industriales HGB	2	6,35	12,7	6,2	78,74
Buje AISI 304 Ø2 pulg.	Aceros Industriales HGB	1	0,55	0,55	6,16	3,39
Eje de acero AISI 304 Ø3/8 pulg. 1m	Aceros Industriales HGB	1	0,62	0,62	5,95	3,69
Eje de teflón grado alimenticio Ø12mm 20mm	Aceros Industriales HGB	1	0,3	0,3	4,8	1,44

Plancha AISI 304 3mm	INDUSTRIAL NACIONAL	1	9,63	9,63	5,5	52,97
Plancha 1010 H 10mm	Aceros Industriales HGB	1	2,37	2,37	1,7	4,03
Plancha AISI 304 0,8 mm	Aceros Industriales HGB	2	27,4	54,8	3	164,40
Varilla cuadrada 4x4x25mm	Aceros Industriales HGB	1	0,04	0,04	6,16	0,25
Platina 1x1/4 pulg x 340mm	Aceros Industriales HGB	1	0,55	0,55	6,2	3,41
Eje de acero AISI 304 Ø3 pulg.	ImportCom	1	0,036	0,036	173,6	6,25
					Sub Total	468,27
					IVA	56,19
					TOTAL	524,46

4.2 MATERIALES NORMALIZADOS

Para la construcción de este proyecto es necesario incurrir en elementos normalizados o elementos de venta al público, los mismos que son fácil de encontrar en el mercado. A continuación en la Tabla 4.2, se indican los materiales normalizados y el lugar donde se los consiguió para el proyecto.

Tabla 4.2 Materiales Normalizados.

MATERIALES NORMALIZADOS				
Nombre	Proveedor	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
Acrílico Translucido	ACRILUX	1	25	25
Arandela plana 3/8	CASTILLO HERMANOS	4	0,02	0,08
Arandela plana inox 1/4	CASTILLO HERMANOS	4	0,06	0,24
Arandela plana inox 3/8	CASTILLO HERMANOS	1	0,1	0,1
Arandela plana inox 5/16	CASTILLO HERMANOS	14	0,06	0,84
Arandela plana inox 5/16	CASTILLO HERMANOS	4	0,02	0,08
Arandela presión 3/8	CASTILLO HERMANOS	4	0,03	0,12

Arandela presión 5/16	CASTILLO HERMANOS	4	0,02	0,08
Arandela presión inox 1/4	CASTILLO HERMANOS	8	0,04	0,32
Arandela presión inox 5/16	CASTILLO HERMANOS	14	0,05	0,7
Banda Transmisión	ECUASIERRAS	1	4,6	4,6
Base porta fusible 10x38	CODECONTROL	2	2,3	4,6
Breaker 2 Polos 32 A	CODECONTROL	1	7,5	7,5
BUSH inox 3/4x1/2 pulg	FESPA ECUADOR	1	2,28	2,28
Cable 3x12 AWG	KYWI	3	1,91	5,73
Cable flexible #12	CODECONTROL	4	0,65	2,6
Cable flexible #16	CODECONTROL	5	0,28	1,4
Caja plástica 2P	CODECONTROL	1	6	6
Chumacera 20mm piso	Rulimanes Rulitech	2	12,8	25,6
Contactores 110V 18A	CODECONTROL	2	16,66	33,32
Control Temperatura	CODECONTROL	1	59,6	59,6
Enchufe blindado 3P 15A	KYWI	1	2,67	2,67
Fusible 10A 10x38	CODECONTROL	2	0,6	1,2
Gabinete 20x20 metálico	CODECONTROL	1	15,13	15,13
Hornilla Eléctrica	UMCO	1	17,02	17,02
Lana de Vidrio	PROVEATYMI	2	8	16
Luz piloto 110V 22mm	CODECONTROL	2	1,8	3,6
Motoreductor	BKB MAQUINARIA	1	545	545
Neplo INOX 3/4 pulga corrido	FESPA ECUADOR	1	3,24	3,24
O'ring 40x3mm	TECNICAUCHO	1	1,8	1,8
O'ring 9,25x1,73mm	TECNICAUCHO	1	0,7	0,7
Perno Hex 22x100mm	CASTILLO HERMANOS	1	2,4	2,4

Perno HEX inox M6x16	CASTILLO HERMANOS	4	0,08	0,32
Perno HEX inox M6x20	CASTILLO HERMANOS	4	0,09	0,36
Perno HEX inox M8x20	CASTILLO HERMANOS	12	0,17	2,04
Perno HEX M10x1,5x35	CASTILLO HERMANOS	4	0,15	0,6
Perno HEX M8x1,25x30	CASTILLO HERMANOS	4	0,09	0,36
Polea aluminio 5 pulg	MEGAKIWY	2	3,28	6,56
Prisionero inox DIN913 10x16	CASTILLO HERMANOS	1	0,18	0,18
Pulsador paro emergencia	CODECONTROL	1	3,5	3,5
Riel DIN	CODECONTROL	1	2,5	2,5
Selector 2 posiciones	CODECONTROL	2	2,2	4,4
Termocupla tipo J	CODECONTROL	1	11	11
Timer Digital 110V	CODECONTROL	1	42	42
Tuerca M8x1,25	CASTILLO HERMANOS	6	0,04	0,24
Tuerca Hex 22mm	CASTILLO HERMANOS	2	0,45	0,9
Tuerca inox 3/8 pulg	CASTILLO HERMANOS	1	0,14	0,14
Tuerca inox M 8x1,25	CASTILLO HERMANOS	6	0,07	0,42
Tuerca inox M6	CASTILLO HERMANOS	4	0,04	0,16
Tuerca M10	CASTILLO HERMANOS	4	0,15	0,6
Tuerca M6	CASTILLO HERMANOS	6	0,02	0,12
Válvula inoxidable 3/4 pulg	FESPA ECUADOR	1	10	10
			Sub Total	875,95
			IVA 12%	105,1
			TOTAL	981,1

4.3 MAQUINADO Y MANO DE OBRA

El costo de maquinado y mano de obra se establece con el tiempo requerido para fabricar las diferentes partes considerando el costo de la máquina y la hora hombre necesarias. Ver Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Maquinado y Mano de Obra.

MAQUINADO Y MANO DE OBRA				
Operación	Unidad	Cantidad	Costo USD	Costo TOTAL
Torno	Horas	28	8	224
Soldadura Eléctrica	Horas	7	8	56
Soldadura TIG	cm	500	0,2	100
Fresado	Horas	10,5	10	105
Rolado y Doblado	Horas	2	10	20
Taladrado y corte	Horas	12	4	48
Esmerilado y Pulido	Horas	5,75	2,5	14,38
TOTAL				567,4

4.4 SERVICIO DE CORTE

Es necesario optar por un servicio de corte por plasma para obtener las piezas de acero inoxidable con la geometría requerida, por lo cual se entrega la plancha de acero inoxidable a la empresa FERNÁNDEZ MORENO. A continuación se detalla los costos en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Servicio de Corte por Plasma.

Servicio de Corte				
Pieza	Pedazos	Descripción		
Corte por plasma		Área[cm ²]	\$/cm ²	USD
Pieza 350mmx300mm	2	2100	0,003	6,30
Pieza 350mmx800mm	2	5600	0,003	16,80
Pieza 300mmx800mm	2	4800	0,003	14,40
Pieza 350mmx500mm	1	1750	0,003	5,25
Pieza Tapa 1	1	1303	0,003	3,91

Pieza Tapa 2	1	895	0,003	2,69
Pieza Recipiente	1	4595	0,003	13,79
Pieza Soporte 1	1	359	0,003	1,08
Pieza Soporte 2	2	92	0,003	0,28
Pieza 100mmx100mm	1	100	0,003	0,30
Sub Total	14	21594	0,003	64,78
			IVA	7,77
			TOTAL	72,56

4.5 COSTO TOTAL

Para tener el costo total de la máquina prototipo se suman los costos de materia prima, materiales, servicio de corte, mano de obra y se añaden costos por imprevistos del 3% que pueden presentarse en el montaje, transporte y otros, además un costo de montaje del 6% para los operarios que ensamblen la máquina. El costo de diseño se considera del 25% con lo cual queda el costo total de la máquina detallado en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Costo Total de la Máquina Prototipo.

COSTO TOTAL	
Detalle	COSTO (USD)
Materiales	524,46
Materiales Normalizados	1029,20
Servicio de Corte PLASMA	72,56
Mano de Obra	567,38
SUB TOTAL	2193,59
Imprevistos 3%	65,81
Montaje 6%	131,62
Diseño 25%	548,40
TOTAL	2939,41

Quedando un valor de 2939,41 USD que cubre completamente la construcción de la máquina para iniciar con las pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Mejora la calidad del chocolate a ser consumido por la población, disminuyendo el tamaño de grano con el objetivo que no se sienta en el paladar dando un sabor más agradable y proporcionando un mejor disfrute del producto.
- Incentiva a los microempresarios a invertir en este tipo de máquina, para de esta manera brindar un valor agregado al producto que se encuentran comercializando en estos momentos, que en muchos de los casos es únicamente materia prima que se utiliza para obtener chocolate artesanal.
- Las máquinas que realizan la misma función que este prototipo, en el mercado se encuentran con precios elevados y muy pocas se fabrican en el país, haciendo que el valor de estas se encarezca aún más debido a la importación que necesita realizar.
- Luego de realizar las pruebas de campo pertinentes para escoger la materia prima a utilizar en el proyecto de titulación, y de haber utilizado dos tipos de chocolates artesanales, el amargo y el dulce, se llegó a la conclusión de que la mejor materia prima es el chocolate amargo, ya que este proporcionaba una fluidez adecuada luego de ser derretido, mientras que con el chocolate dulce, por el mismo hecho de tener azúcar en su composición, luego de ser derretido se generaba un tipo de pasta que dificultaba la recirculación de la mezcla en el recipiente.
- Con el sistema de molienda diseñado en este proyecto de titulación se pudo disminuir el tamaño de grano del chocolate casi en un 70% y además homogenizar dicho tamaño de grano, para la mayor cantidad de producto.
- Al momento de realizar el enfriamiento del chocolate, luego de haber realizado la molienda del mismo por un lapso de tiempo de 30 horas, no debe ser brusco, ya que, esto produce que se formen grumulos alterando

la textura del chocolate, provocando que estos grumulos se confundan con un tamaño mayor de grano, afectando la calidad del producto final y en muchos casos dañando el mismo.

- Hay que tener en cuenta que el sistema de molienda utilizado en el presente proyecto de titulación necesita estar bien balanceado y alineado para tener un óptimo funcionamiento, esto debido a que si no se posee, produce una alta vibración, además de que si el material del cual están fabricados los discos de molienda en el momento de friccionar entre sí producen un desprendimiento de material (limalla), la misma que causará una contaminación del producto final.
- El punto en el cual se va a colocar el sensor de temperatura, el mismo que se encargará de mantener una temperatura relativamente constante a través del control al que esta asociado, debe encontrarse en el sector más crítico, es decir, en el punto donde se tiene menor cantidad de chocolate, esto debido a que la cantidad de calor suministrada es relativamente similar en todos los puntos, pero por lo mismo se concentra más en el lugar donde se tiene menor masa; con esto se puede garantizar que el chocolate no se queme produciendo una pérdida total del producto final, además el movimiento del disco produce una recirculación del producto haciendo que la temperatura se uniformice a lo largo de todo el chocolate en el recipiente.
- Las dimensiones de los elementos se ajustaron de acuerdo a la producción de una pequeña microempresa, debido a que, a este sector de la producción está dirigido este proyecto de titulación con el propósito de incentivar la producción de chocolate de calidad y dar un valor agregado al producto, más no el de comercializar únicamente materia prima como se lo está haciendo en estos días.

RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta que la máquina tiene que poseer un sistema de control, el mismo que se encargue de regular la temperatura de calentamiento del chocolate para que la esta se mantenga constante, debido a que este parámetro es crítico en el momento del funcionamiento de la máquina, porque si se eleva demasiado, más de 50°C, el chocolate se puede quemar y dañar de una manera irreversible. Además incluir un temporizador, el mismo que permita que la máquina tenga un funcionamiento semiautomático, facilitando de esta forma su operación.
- Se debe colocar breakers independientes en el circuito de control, tanto para el motor como para la resistencia de calentamiento, esto debido a que el amperaje que utilizan los dos equipos es diferente, para el motor es de 10 A y para la resistencia es de 25 A, para de esta forma garantizar que los dos equipos mantengan su funcionamiento de manera independiente.
- Tener en cuenta que la máquina está diseñada para trabajar con un voltaje de 110 V y una intensidad de corriente no menor a 25 A, por lo que la red a la que se conecte debe cumplir con las condiciones antes mencionadas.
- Para evitar que las partes móviles de la máquina tengan problemas por acumulación de depósitos de chocolate sólido, es recomendable realizar la limpieza de la máquina, al terminar de drenar todo el producto, esto se puede hacer con abundante agua, calentándola con la ayuda del mismo sistema de calentamiento que posee la máquina y si se desea con la utilización de jabón de lavar platos para facilitar el desprendimiento de los residuos de chocolate presentes.
- Implementar un sistema de circulación de chocolate, para que este al terminar su proceso no sea recogido en un recipiente, sino se lo utilice de manera directa para rellenar moldes que se convertirán en la presentación final del chocolate.

CAPÍTULO 6 **BILIOGRAFÍA**

- ONWULATA, CHARLES; Encapsulated and Powdered Foods. USA: Taylor & Francis Group; 2005.
- RIBA, CARLES; Diseño Concurrente; Primera Edición; España: UPC; 2002.
- UTEPI; “Cacao. Estudio Agroindustrial en el Ecuador: Competitividad de la Cadena de Valor y Perspectivas de Mercado”. Programa Integrado entre el Ministerio de Industrias y Competitividad y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Quito – Ecuador; 2007.
- RUDOLF PLANK; El empleo del frío en la industria de la alimentación; Editorial Reverté; Barcelona-España; 1980
- BECKETT, S; Industrial Chocolate Manufacture and use; New York, USA; Editorial Blackie; 1994
- BRAUDEAU, J; El Cacao; España; Primera Edición; Editorial Blume; 1970
- MOTT, R; Diseño de elementos de máquinas; Segunda Edición; Editorial Prentice Hall; 1992.
- SHYGLEY, E.; Manual de Diseño Mecánico; México; Editorial McGraw-Hill; 1989.
- INEN; Código de Dibujo Técnico-Mecánico; Tercera Edición; Imprenta INEN; Quito; 1989
- JUVINALL, ROBERT; Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica; México; Primera Edición; Editorial LIMUSA S.A.; 1991
- SKF; Catálogo General
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Chocolate>
- <http://www.lineaysalud.com/alimentos/415-chocolate-proceso-cacao.html>
- <http://r0.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/tecnologia.htm>
- <http://postres.about.com/od/chocolate/a/que-Tipos-De-Chocolate-Existen.htm>
- <http://www.tiposde.org/cotidianos/601-tipos-de-chocolates/>
- <http://www.alloywire.com/spanish/resistance-stock-sizes.html>

CAPÍTULO 7 ANEXOS

ANEXO 1 CATÁLOGO SIEMENS DE MOTORREDUCTORES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.3.

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción λ_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ⁴⁾ kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
0,75 (50 Hz)	Z.1B-LA71ZMD4							
0,9 (60 Hz)	106	127	67	1,3	12,50	2KJ1100 - ■CH13 - ■■K1		9
	122	146	59	1,5	10,88 *	2KJ1100 - ■CH13 - ■■J1		9
	136	163	53	1,6	9,81	2KJ1100 - ■CH13 - ■■H1		9
	154	185	47	1,7	8,66	2KJ1100 - ■CH13 - ■■G1		9
	179	215	40	1,4	7,42 *	2KJ1100 - ■CH13 - ■■F1		9
	206	247	36	1,5	6,45	2KJ1100 - ■CH13 - ■■E1		9
	237	284	30	1,7	5,61 *	2KJ1100 - ■CH13 - ■■D1		9
	263	316	27	1,8	5,06	2KJ1100 - ■CH13 - ■■C1		9
	298	358	24	2,0	4,47	2KJ1100 - ■CH13 - ■■B1		9
	372	446	19	2,4	3,58 *	2KJ1100 - ■CH13 - ■■A1		9
	E.68-LA80M4							
	112	134	64	1,3	12,40 *	2KJ1003 - ■DC13 - ■■W1		30
	125	150	57	1,6	11,18	2KJ1003 - ■DC13 - ■■V1		30
	138	166	52	1,8	10,08 *	2KJ1003 - ■DC13 - ■■U1		30
	158	190	45	3,3	8,82	2KJ1003 - ■DC13 - ■■T1		30
	176	211	41	4,2	7,92 *	2KJ1003 - ■DC13 - ■■S1		30
	193	232	37	4,0	7,23	2KJ1003 - ■DC13 - ■■R1		30
	E.48-LA80M4							
	123	148	58	0,95	11,30	2KJ1002 - ■DC13 - ■■U1		20
	140	168	51	1,6	10,00 *	2KJ1002 - ■DC13 - ■■T1		20
	153	184	47	1,4	9,09	2KJ1002 - ■DC13 - ■■S1		20
	171	205	42	2,0	8,17 *	2KJ1002 - ■DC13 - ■■R1		20
	199	239	36	2,7	7,00	2KJ1002 - ■DC13 - ■■Q1		20
	220	264	32	3,5	6,33 *	2KJ1002 - ■DC13 - ■■P1		20
	238	286	30	4,0	5,85	2KJ1002 - ■DC13 - ■■N1		20
	275	330	26	4,6	5,08 *	2KJ1002 - ■DC13 - ■■M1		20
	E.39-LA80M4							
	194	233	37	1,0	7,20 *	2KJ1001 - ■DC13 - ■■Q1		17
	207	248	36	1,4	6,73	2KJ1001 - ■DC13 - ■■P1		17
	236	283	30	1,7	5,92 *	2KJ1001 - ■DC13 - ■■N1		17
	269	323	27	2,6	5,18	2KJ1001 - ■DC13 - ■■M1		17
	305	366	24	3,3	4,58 *	2KJ1001 - ■DC13 - ■■L1		17
	336	403	21	2,9	4,15	2KJ1001 - ■DC13 - ■■K1		17
	380	456	19	3,7	3,67 *	2KJ1001 - ■DC13 - ■■J1		17
	421	505	17	3,8	3,31	2KJ1001 - ■DC13 - ■■H1		17
	465	558	15	5,2	3,00 *	2KJ1001 - ■DC13 - ■■G1		17
	511	613	14	5,7	2,73	2KJ1001 - ■DC13 - ■■F1		17
	558	670	13	5,7	2,50 *	2KJ1001 - ■DC13 - ■■E1		17

Figura 7.1 Catálogo Siemens; pag. 2/30

ANEXO 2 FACTOR DE SERVICIO,CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.

DriveN Machine	DriveR					
	AC Motors: Normal Torque, Squirrel Cage, Synchronous, Split Phase. DC Motors: Shunt Wound. Engines: Multiple Cylinder Internal Combustion.*			AC Motors: High Torque, High Slip, Repulsion- Induction, Single Phase, Series Wound, Slip Ring. DC Motors: Series Wound, Compound Wound. Engines: Single Cylinder Internal Combustion.*		
	Intermittent Service	Normal Service	Continuous Service	Intermittent Service	Normal Service	Continuous Service
3-6 Hours Daily or Seasonal	8-16 Hours Daily	16-24 Hours Daily	3-6 Hours Daily or Seasonal	8-16 Hours Daily	16-24 Hours Daily	
The machines listed below are representative samples only. Select the group listed below whose load characteristics most closely approximate those of the machine being considered.						
Dispensing, Display Equipment Instrumentation Measuring Equipment Medical Equipment Office, Projection Equipment	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Agitators: Liquid Appliances, Sewing Machines, Sweepers Conveyors: Belt, Light Package Fans: Up to 10 HP Hand Tools (Powered) Machine Tools: (Light) Drill Presses, Lathes, Saws Screens: Drum, Oven Woodworking Equipment: Band Saws, Drills, Lathes	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Agitators: Semi-Liquid Compressors: Centrifugal Centrifuges Conveyors: Belt; Coal, Ore, Sand Dough Mixers Fans: Over 10 HP Generators Laundry Equipment Line Shafts Machine Tools: (Heavy) Boring, Grinders, Milling, Shapers Paper Machinery (except Pulpers) Presses, Punches, Shears Printing Machinery Pumps: Centrifugal, Gear Screens: Revolving, Vibratory	1.1	1.2	1.4	1.2	1.3	1.5
Blowers: Positive Displacement, Mine Fans Brick Machinery Compressors: Piston Conveyors: Drag, Elevator, Pan, Screw Elevators: Bucket Exciters Extractors Mills: Hammer Paper Pulpers Pulverizers Pumps: Piston Rubber Calendars, Extruders, Mills Textile Machinery	1.2	1.3	1.5	1.4	1.5	1.6
Crushers (Gyratory-Jaw-Roll) Helists Mills: Ball-Rod-Tube Sawmill Machinery	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.8

*Apply indicated Service Factor to continuous engine rating. Deduct 0.2 (with a minimum Service Factor of 1.0) when applying to maximum intermittent rating. The use of a Service Factor of 2.0 is recommended for equipment subject to choking. For Grain Milling and Elevator Equipment, see M&M Mutual Bulletin No. V6-601-62. For Oil Field Machinery, see API specification for Oil Field V-Beltting, API Standard 1B.

Figura 7.2 Catalogo de Bandas GATES;pag. B2

ANEXO 3 DIAGRAMA VELOCIDAD VS. POTENCIA PARA EL TIPO DE BANDA, CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.

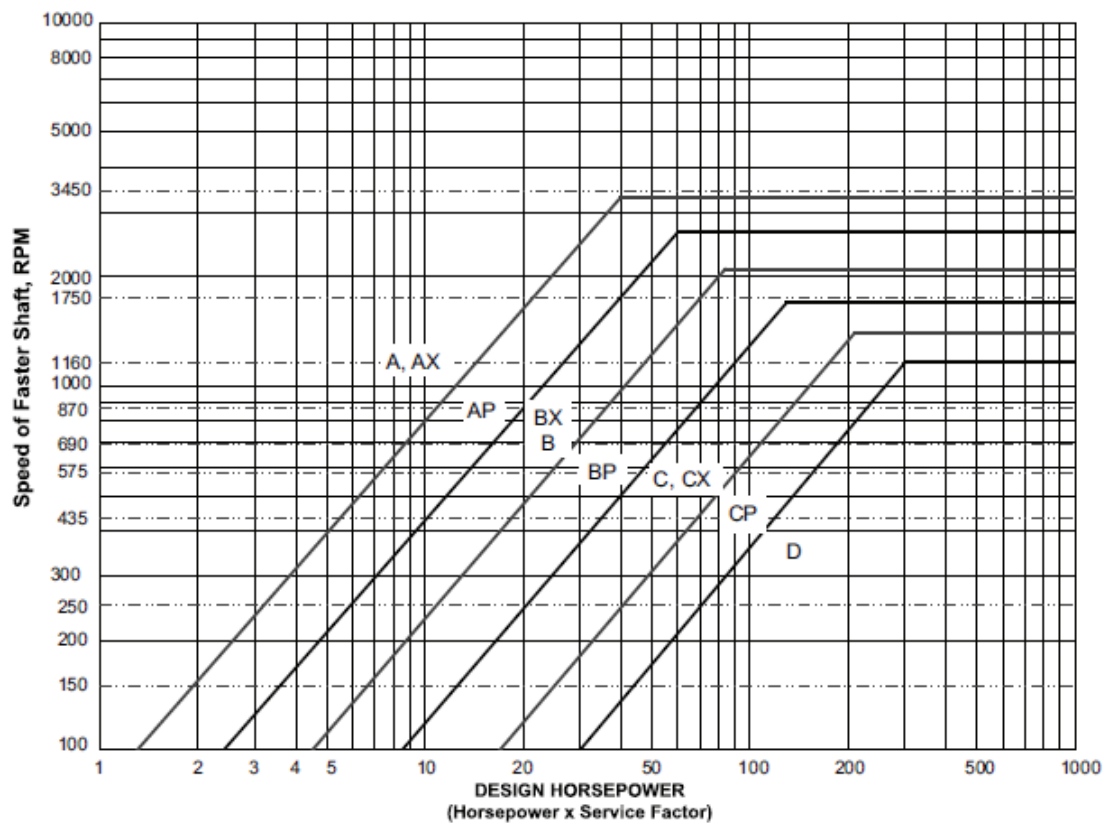


Figura 7.3 Catalogo de Bandas GATES; pág. B1

ANEXO 4 DIÁMETRO MÍNIMO PARA POLEAS DE ACUERDO A LA POTENCIA Y VELOCIDAD; CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.

Motor Horse-power	Motor RPM (60 cycle and 50 cycle Electric Motors)						Motor Horse-power
	575 485*	690 575*	870 725*	1160 950*	1750 1425*	3450 2850*	
1/2	2.5	2.5	2.2	—	—	—	1/2
3/4	3.0	2.5	2.4	2.2	—	—	3/4
1	3.0	3.0	2.4	2.4	2.2	—	1
1 1/2	3.0	3.0	2.4	2.4	2.4	2.2	1 1/2
2	3.8	3.0	3.0	2.4	2.4	2.4	2
3	4.5	3.8	3.0	3.0	2.4	2.4	3
5	4.5	4.5	3.8	3.0	3.0	2.6	5
7 1/2	5.2	4.5	4.4	3.8	3.0	3.0	7 1/2
10	6.0	5.2	4.6	4.4	3.8	3.0	10
15	6.8	6.0	5.4	4.6	4.4	3.8	15
20	8.2	6.8	6.0	5.4	4.6	4.4	20
25	9.0	8.2	6.8	6.0	5.0	4.4	25
30	10.0	9.0	6.8	6.8	5.4	—	30
40	10.0	10.0	8.2	6.8	6.0	—	40
50	11.0	10.0	9.0	8.2	6.8	—	50
60	12.0	11.0	10.0	9.0	7.4	—	60
75	14.0	13.0	10.5	10.0	9.0	—	75
100	18.0	15.0	12.5	11.0	10.0	—	100
125	20.0	18.0	15.0	12.5	11.5†	—	125
150	22.0	20.0	18.0	13.0	—	—	150
200	22.0	22.0	22.0	—	—	—	200
250	22.0	22.0	—	—	—	—	250
300	27.0	27.0	—	—	—	—	300

Figura 7.4 Catalogo de Bandas GATES; pág. B4

ANEXO 6 TIPO DE POLEAS; CATÁLOGO DE BANDAS GATES ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.3.

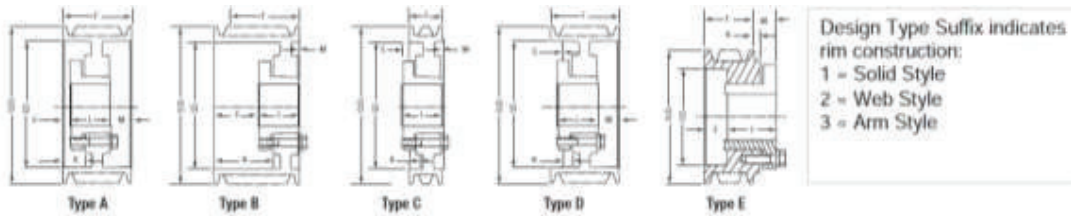


Table No. C2

Hi-Power® II QD® Sheaves

Part Number	A Datum Dia. (in)	B Datum Dia. (in)	Outside Dia. (in)	Design Type	Dimensions (in)					Bushing Size	Max. Bushing Bore (in)	Approx. Weight (lb)
					F	E	K	L	M			
A or B - 1 Groove												
QD1A3.0/B3.4	3.0	3.4	3.75	D1	0.88	0.50	0.06	1.25	0.13	SH	1.688	345.8
QD1A3.2/B3.6	3.2	3.6	3.95	D1	0.88	0.50	0.06	1.25	0.13	SH	1.688	346.6
QD1A3.4/B3.8	3.4	3.8	4.15	D1	0.88	0.50	0.06	1.25	0.13	SH	1.688	347.4
QD1A3.6/B4.0	3.6	4.0	4.35	C1	0.88	0.25	0.31	1.25	0.13	SH	1.688	324.0
QD1A3.8/B4.2	3.8	4.2	4.55	C1	0.88	0.25	0.31	1.25	0.13	SH	1.688	324.8
QD1A4.0/B4.4	4.0	4.4	4.75	C1	0.88	0.25	0.31	1.25	0.13	SH	1.688	325.6
QD1A4.2/B4.6	4.2	4.6	4.95	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	326.4
QD1A4.4/B4.8	4.4	4.8	5.15	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	327.2
QD1A4.6/B5.0	4.6	5.0	5.35	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	327.9
QD1A4.8/B5.2	4.8	5.2	5.55	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	328.7
QD1A5.0/B5.4	5.0	5.4	5.75	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	329.5
QD1A5.2/B5.6	5.2	5.6	5.95	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	330.3
QD1A5.4/B5.8	5.4	5.8	6.15	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	331.0
QD1A5.6/B6.0	5.6	6.0	6.35	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	331.8
QD1A5.8/B6.2	5.8	6.2	6.55	C1	0.88	0.31	0.31	1.31	0.13	SDS	2.000	332.6

Figura 7.6 Tipo de Polea

ANEXO 7 FACTOR DE SUPERFICIE; SHIGLEY EDWARD; DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.9.

Table 6-2

Parameters for Marin Surface Modification Factor, Eq. (6-19)

Surface Finish	Factor a		Exponent b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hot-rolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

From C.J. Noll and C. Lipson, "Allowable Working Stresses," *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3, no. 2, 1946 p. 29. Reproduced by O.J. Harger (ed.) *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, New York. Copyright © 1953 by The McGraw-Hill Companies, Inc. Reprinted by permission.

Figura 7.7 Parámetros para el Factor de Superficie

ANEXO 8 FACTOR DE CONFIABILIDAD; SHIGLEY EDWARD; DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.9.

Reliability, %	Transformation Variate z_0	Reliability Factor k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Figura 7.8 Factor de Confiabilidad

ANEXO 9 FACTOR DE TEMPERATURA Y FACTOR DE SENSIBILIDAD A LA RANURA; SHIGLEY EDWARD; DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.1.9.

Temperature, °C	S_T/S_{RT}	Temperature, °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	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

Figura 7.9 Factor de Temperatura

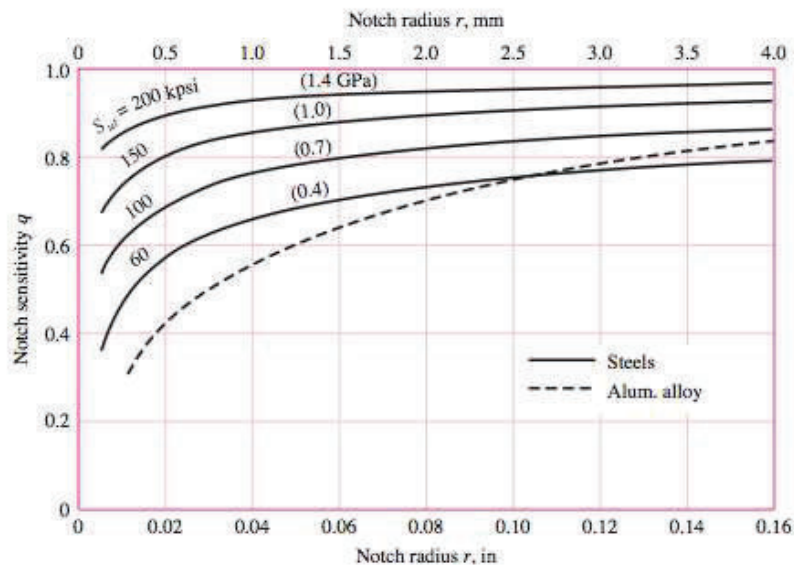


Figura 7.10 Factor de Sensibilidad A Las Ranuras

ANEXO 10 RODAMIENTOS; CATÁLOGO SKF ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.6.

Dimensiones principales			Capacidades de carga básica		Velocidades nominales		Designación
d_1	D	B	dinámica	estática	Velocidad de referencia	Límite de velocidad	Rodamiento + manguito de fijación
mm			C	C_0	rpm		-
20	52	15	14,3	4	28000	18000	1205 EKTN9 + H 205
20	52	18	16,8	4,4	26000	18000	2205 EKTN9 + H 305
20	52	18	14,3	4	-	9000	2205 E-2RS1 KTN9 + H 305
20	62	17	19	5,4	22000	15000	1305 EKTN9 + H 305

Figura 7.11 Rodamientos de rodillos

ANEXO 11 SOPORTE DE RODAMIENTOS; CATÁLOGO SKF ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.6.1.

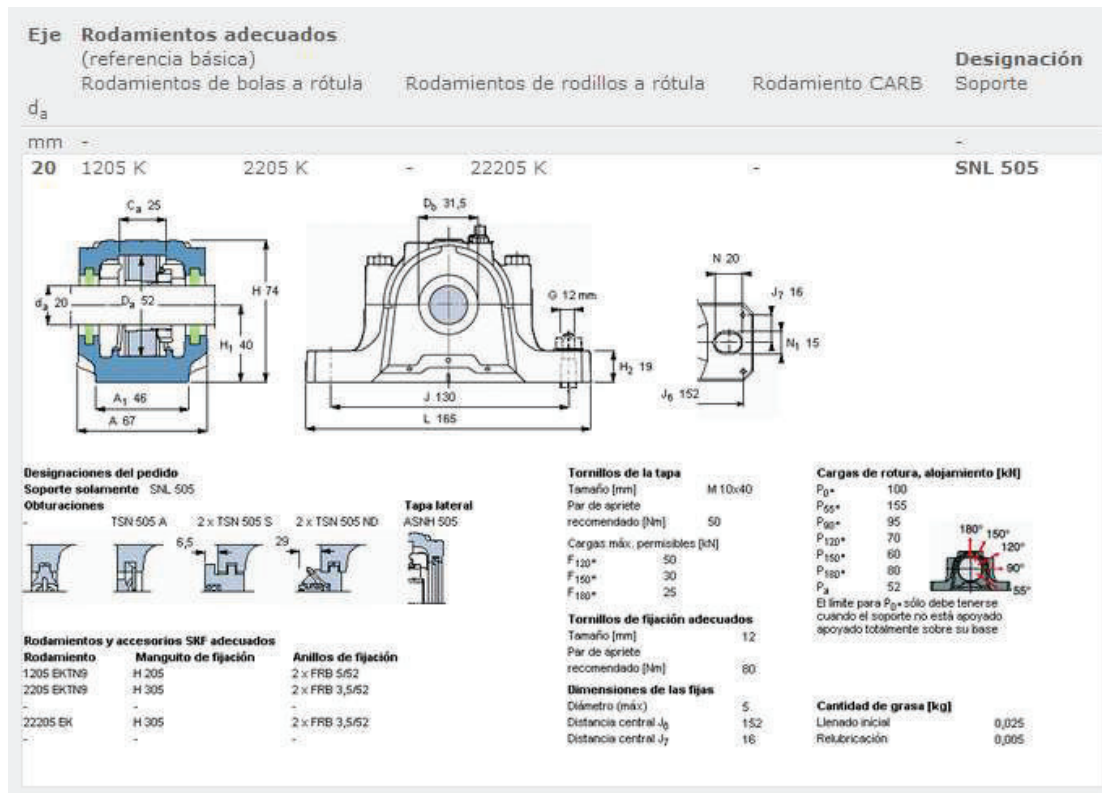


Figura 7.12 Características de la Chumacera SNL 505

ANEXO 12 DEMOSTRACIÓN DE LA ECUACIÓN PARA EL TORQUE DE GIRO NECESARIO ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.2.3.

Demostración de la ecuación para el torque de giro necesario.

Se empieza con la ecuación (15) del esfuerzo cortante, y tiene

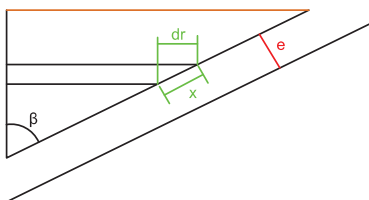


Figura 7.13 Datos para el Cálculo del Disco.

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{v}{e} \quad (15)$$

$$dF = \mu \frac{v}{e} dA \quad (16)$$

$$dA = \frac{2\pi r dr}{\text{sen}\beta} \quad (17)$$

$$v = \frac{2\pi r n}{60} \quad (18)$$

De donde,

$$dF = \mu \left(\frac{2\pi r n}{60} \right) \left(\frac{1}{e} \right) \left(\frac{2\pi r dr}{\text{sen}\beta} \right)$$

El torque es igual a,

$$dT = dF * r$$

$$dT = \mu \left(\frac{2\pi r n}{60} \right) \left(\frac{1}{e} \right) \left(\frac{2\pi r dr}{\text{sen}\beta} \right) r$$

$$T = \mu \frac{4\pi^2 n}{60 e \text{sen}\beta} \int_0^R r^3 dr$$

$$T = \frac{\mu \pi^2 n R^4}{60 e \text{sen}\beta}$$

**ANEXO 13 ALAMBRE DE RESISTENCIA - TAMAÑOS EN EXISTENCIA -
ALAMBRE REDONDO RW80 ANALIZADO EN LA SECCIÓN 2.7.**

SWG	pulgadas	mm	m/kg	ohms/m	pies/lb	ohms/pie
5	0.2120	5.38	5.3	0.0474	7.9	0.0145
6	0.1920	4.88	6.4	0.0578	9.6	0.0176
7	0.1760	4.47	7.7	0.0688	11.4	0.0210
8	0.1600	4.06	9.3	0.0833	13.8	0.0254
9	0.1440	3.66	11.5	0.1028	17.0	0.0313
10	0.1280	3.25	14.5	0.1301	21.6	0.0397
11	0.1160	2.95	17.6	0.1584	26.3	0.0483
12	0.1040	2.64	22.0	0.1970	32.7	0.0601
13	0.0920	2.34	28.1	0.2518	41.8	0.0768
14	0.0800	2.03	37.1	0.3330	55.2	0.102
15	0.0720	1.83	45.8	0.4111	68.2	0.125
16	0.0640	1.63	58.0	0.5203	86.3	0.159
17	0.0560	1.42	75.7	0.6796	112.7	0.207
18	0.0480	1.22	103.1	0.9250	153.4	0.282
19	0.0400	1.02	148.4	1.332	221	0.406
20	0.0360	0.91	183.2	1.644	273	0.501
21	0.0320	0.81	231.9	2.081	345	0.634
22	0.0280	0.71	302.9	2.718	451	0.829

23	0.0240	0.61	412.3	3.700	614	1.128
24	0.0220	0.56	490.7	4.403	730	1.342
25	0.0200	0.51	593.7	5.328	884	1.624
26	0.0180	0.46	733.0	6.578	1091	2.005
27	0.0164	0.42	883.0	7.924	1314	2.416
28	0.0148	0.38	1084.2	9.730	1614	2.966
29	0.0136	0.35	1284.0	11.52	1911	3.513
30	0.0124	0.31	1544.5	13.86	2299	4.225
31	0.0116	0.29	1764.9	15.84	2627	4.828
32	0.0108	0.27	2036.1	18.27	3030	5.570
33	0.0100	0.25	2374.8	21.31	3534	6.497
34	0.0092	0.23	2805.8	25.18	4176	7.676
35	0.0084	0.21	3365.7	30.20	5009	9.208
36	0.0076	0.19	4111.6	36.90	6119	11.25
37	0.0068	0.17	5135.9	46.09	7643	14.05
38	0.0060	0.15	6596.8	59.20	9818	18.05
39	0.0052	0.13	8782.7	78.82	13071	24.03
40	0.0048	0.12	10307.5	92.50	15340	28.20

Figura 7.14 Tamaños de Alambre para Resistencia

ANEXO 14 DIAGRAMA CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL

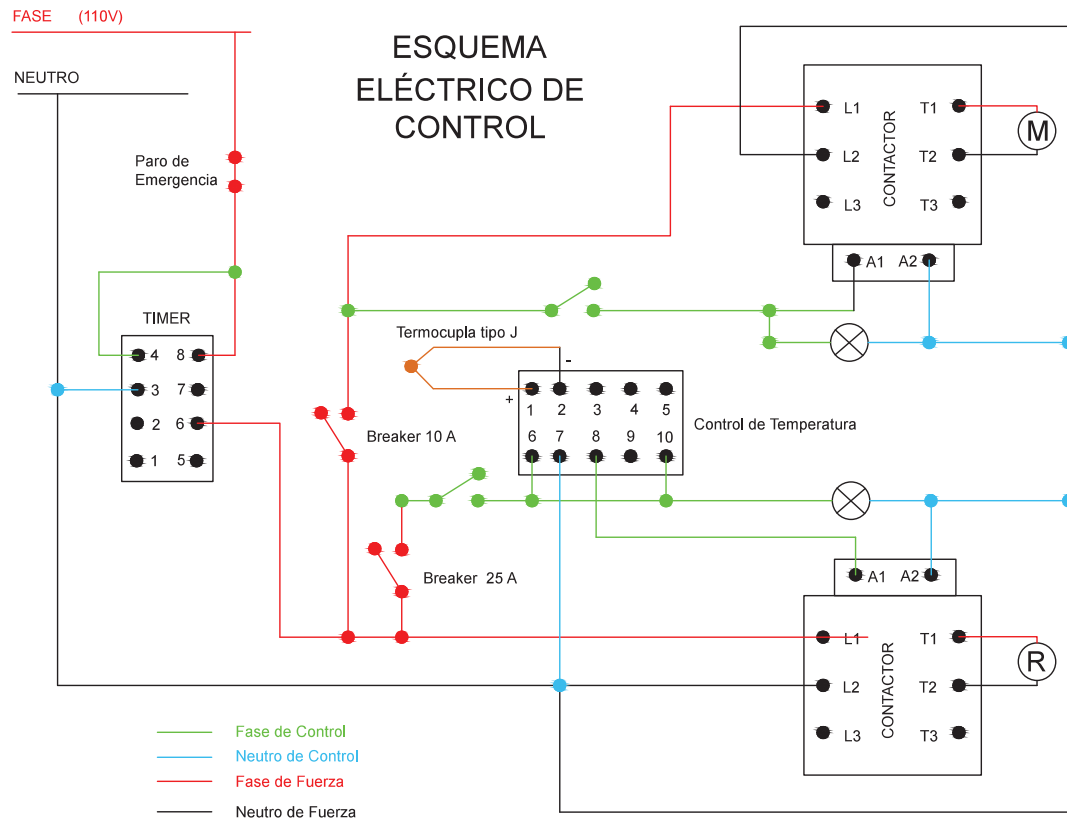


Figura 7.15 Diagrama del Circuito Eléctrico de Control

ANEXO 15 MODO DE USO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL

Figura 7.16 Caja de Control Eléctrico

Para controlar la máquina se debe seguir los siguientes pasos.

- Pulsar el braker para energizar el circuito eléctrico.
- Girar la perilla 1 para iniciar el calentamiento de la resistencia eléctrica. Comprobar que el control de temperatura seteado marque la temperatura establecida (65°C). Y verificar que incremento del calentamiento sea progresivo. La temperatura seteada en el de control de temperatura es la máxima permitida, una vez que llegue a esta temperatura, la resistencia

eléctrica se apagará y encenderá automáticamente para mantener constante a la temperatura seteada.

- Girar la perilla 2 para iniciar el giro del disco, este proceso lo debe realizar después de que el chocolate este líquido, aproximadamente en 5 mín. de iniciado el calentamiento.
- Para controlar el apagado de la máquina automáticamente seguir los pasos en el ANEXO 16.
- Para apagar y desenergizar la máquina, invertir los pasos, girar las perillas a su posición off y apagar el breaker.

NOTA: por seguridad se implementa un paro de emergencia el cual quita la energía al control eléctrico.

ANEXO 16 PROGRAMAR EL TEMPORIZADOR.

El temporizador está conectado de manera que trabaje el sistema eléctrico, aun que, no este programado ningún horario de funcionamiento.

Para utilizar el timer con un horario de funcionamiento es necesario seguir unos pasos.

- Timer: Programas grabados se puede configurar.
- Manual: Para seleccionar ON, AUTO, OFF.
- Clock: Para ajustar día y hora.
- Day: Para ajustar días de la semana.
- HOUR: Para ajustar la hora.
- MIN: Para ajustar minutos.
- (P): Resetear configuración.

- Ajustar Reloj: Presione y mantenga presionado CLOCK y entonces presione el botón DAY, HOUR, MIN, respectivamente para ajustar la hora.

- Programar el temporizador:
 - Presione TIMER y en la pantalla aparece 1^{ON}
 - Presione DAY para seleccionar alguna de las 15 combinaciones para los días que necesita que trabaje el temporizador.
 - Presione HOUR, MIN respectivamente para ingresar la hora que necesita que se apague el temporizador.
 - Puesta la hora en 1ON, pulse nuevamente TIMER y la pantalla indica 1OFF.

- Presione DAY para seleccionar alguna de las 15 combinaciones para los días que necesita que trabaje el temporizador.
 - Presione HOUR, MIN respectivamente para ingresar la hora que necesita que se encienda el temporizador.
 - Finalizado el ingreso de los horarios de funcionamiento, pulsar TIMER nuevamente y aparece 2ON, para una siguiente programación. Se tiene 8 programaciones de funcionamiento simultaneo.
 - Cuando finalice de programar los horarios que requiera, presione CLOCK y el temporizador inicia todos los programas.
 - Para verificar los programas pulse TIMER, cuantas veces sean necesarias para llegar al programa que necesite.
- Para utilizar los programas indicados, pulsar MANUAL hasta elegir AUTO. Para apagar el temporizador y permitir el funcionamiento permanente pulsar MANUAL y elegir OFF.

ANEXO 17 HOJAS DE PROCESOS

PLANOS