



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**REDISEÑO DEL HORNO DE LA “TOSTADORA
DE MANÍ” DEL LABORATORIO DE CONTROL
AUTOMÁTICO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA.**

**BONILLA BALAREZO FERNANDO ANTONIO
RON AGUINDA NELSON RODRIGO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Fecha. 02 de junio de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

BONILLA BALAREZO FERNANDO ANTONIO

Titulada:

**REDISEÑO DEL HORNO DE LA “TOSTADORA DE MANÍ” DEL
LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Lema
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Rodrigo Díaz
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Fecha. 02 de junio de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

RON AGUINDA NELSON RODRIGO

Titulada:

**REDISEÑO DEL HORNO DE LA “TOSTADORA DE MANÍ” DEL
LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Lema
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Rodrigo Díaz
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FERNANDO ANTONIO BONILLA BALAREZO

TÍTULO DE LA TESIS: REDISEÑO DEL HORNO DE LA “TOSTADORA DE MANÍ” DEL LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.

Fecha de Examinación: 02 de junio de 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VÁSQUEZ (Presidente Trib. Defensa)			
ING. JORGE LEMA (Director de Tesis)			
ING. RODRIGO DÍAZ (Asesor)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: NELSON RODRIGO RON AGUINDA

TÍTULO DE LA TESIS: REDISEÑO DEL HORNO DE LA “TOSTADORA DE MANÍ” DEL LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.

Fecha de Examinación: 02 de junio de 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VÁSQUEZ (Presidente Trib. Defensa)			
ING. JORGE LEMA (Director de Tesis)			
ING. RODRIGO DÍAZ (Asesor)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Fernando Antonio Bonilla Balarezo

f) Nelson Rodrigo Ron Aguinda

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a DIOS y en especial a nuestros padres por darnos la vida, a todos los ingenieros de la Facultad de Mecánica, escuela de ingeniería mecánica que nos supieron transmitir sus conocimientos y consejos en este ciclo de nuestras vidas.

También agradecemos a todos nuestros compañeros, amigos, familiares y el resto de personas que de una u otra forma supieron apoyarnos y ayudarnos para culminar una etapa más y así ser unas mejores personas.

Fernando Antonio Bonilla Balarezo

Nelson Rodrigo Ron Aguinda

DEDICATORIA

Primero dedico este logro a DIOS por darme la fuerza para lograr mis metas y ser la luz que guía mi camino.

Al esfuerzo, sacrificio, amor pero sobretodo apoyo incondicional de mis padres Luis Bonilla y Soledad Balarezo, ya que gracias a ellos estoy culminando una etapa más de mi vida.

A mis hermanos Luis, Héctor y Yadira que con su alegría y ánimo me han ayudado a seguir adelante.

A Cristina que con su amor y apoyo desinteresado ha sido una voz de aliento en mi vida y no me ha dejado claudicar en momentos difíciles.

A todos quienes forman parte de la escuela de ingeniería mecánica, y a la gran familia de amigos que he encontrado durante mi vida estudiantil en esta querida Politécnica.

Fernando Antonio Bonilla Balarezo

Dedico esta tesis a Dios a mis padres, Nelson Ron y Marlene Aguinda a mis hermanas, Thaly Ron y Tatiana Ron; por haberme entregado el apoyo incondicional durante toda mi carrera y por haberme confiado éste logro que engrandece a nuestra familia.

A la familia Inca Rosero que me acogió como un miembro de ellos y que ahora forman parte importante de mi vida.

A los docentes de Ingeniería Mecánica en especial al Ing. Jorge Lema, director de la tesis por la constancia y confianza durante todo el proyecto.

A mis amigos y compañeros, con los que hemos pasado muchas vivencias y anécdotas constructivas y que me han ayudado en toda mi formación.

Nelson Rodrigo Ron Aguinda

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>		<u>PÁGINA</u>
1.	GENERALIDADES	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.2.1	Objetivo general.....	1
1.2.2	Objetivos específicos.....	1
2.	ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE TOSTADO	
2.1	Tiempo del proceso.....	3
2.1.1	Fase de tostado.....	3
2.1.2	El horno.....	3
2.1.3	Bombo interior.....	4
2.2	Limitación en la modificación de la velocidad de rotación.....	5
2.3	Carga y descarga del producto.....	6
2.3.1	Fase de alimentación.....	6
2.3.2	Tolva.....	6
2.3.3	Mecanismo de alimentación.....	7
2.3.4	Fase de descarga.....	8
2.4	Desbalanceo.....	8
3.	PARÁMETROS DE REDISEÑO TÉRMICO DEL HORNO	
3.1	Parámetros del horno.....	9
3.1.1	Parámetros de diseño térmico.....	9
3.1.1.1	Temperatura de tostado.....	9
3.1.1.2	Cantidad de producto a tostar.....	9
3.1.1.3	Tiempo de tostado.....	10
3.1.2	Dimensionamiento del horno.....	10
3.1.2.1	Diámetro del bombo.....	10
3.1.2.2	Forma y dimensiones del horno.....	10
3.1.3	Estructura de las paredes.....	11
3.2	Temperatura del proceso.....	11
3.3	Cálculo térmico del horno.....	12

3.3.1	Volumen de la cámara de calentamiento.....	12
3.3.2	Volumen promedio de la materia prima a calentar.....	12
3.3.2.1	Cálculo de la porosidad y masa para la materia prima.....	14
3.3.2.2	Cálculo del volumen equivalente y la masa de agua del producto.....	15
3.3.3	Potencia requerida en el horno.....	17
3.3.4	Potencia necesaria para calentar el bombo y aletas.....	17
3.4	Carga térmica del producto.....	18
3.4.1	Calor requerido para tostar la carga.....	18
3.5	Rediseño térmico del bombo.....	19
3.5.1	Calor necesario para calentar el bombo.....	19
3.5.2	Calor de evaporación.....	20
3.5.3	Calor total (Qt) o potencia total (Pth).....	21
3.6	Tamaño de la carga del bombo.....	21
3.7	Cálculo de potencia eléctrica.....	22
3.7.1	Cálculo de la resistencia eléctrica.....	22
3.8	Verificación de la eficiencia del material.....	23
3.8.1	Material de las paredes del horno.....	23
3.8.2	Material del bombo.....	23
3.8.2.1	Características del aluminio.....	23
3.8.2.1.1	Peso.....	23
3.8.2.1.2	Desempeño.....	24
3.8.2.1.3	Resistencia a la corrosión.....	24
3.8.2.1.4	Facilidad de limpieza.....	24
3.8.3	Aislante térmico.....	25

4. REDISEÑO MECÁNICO

4.1	Sistema de alimentación.....	26
4.1.1	Fase de alimentación.....	27
4.1.2	Carga y descarga del producto.....	27
4.1.2.1	Fase de descarga.....	28
4.2	Sistema horno.....	29
4.2.1	Sistema de transmisión de movimiento del horno y bombo.....	29
4.2.1.1	Bombo.....	31
4.2.2	Motor-reductor del bombo.....	31

4.2.3	Mecanismo de cierre y apertura de la tapa del horno.....	32
4.2.4	Sistema de cierre y apertura de postura del horno.....	33
4.3	Sistema de control.....	34
4.4	Control de velocidades para distinto producto a tostar.....	35
4.4.1	Descripción del variador de frecuencia y sus características.....	35
4.4.1.1	Aplicaciones.....	36
4.4.1.2	Funciones.....	37
4.4.2	Función del relé.....	38
4.4.3	Función del timer.....	38
4.4.4	Selector de 4 posiciones.....	39
4.5	Movimiento del horno y del bombo.....	40
4.6	Movimiento de la tapa para la descarga del producto.....	42

5. PROGRAMACIÓN SISTEMA DE CONTROL

5.1	Descripción del PLC Twido y programa desarrollado para controlar el proceso.....	43
5.1.1	Características generales.....	43
5.1.2	Partes principales.....	43
5.1.3	Software de programación.....	44
5.1.4	Elementos gráficos e instrucciones utilizados en TwidoSoft.....	44
5.1.5	Programa desarrollado para controlar el proceso.....	46
5.1.5.1	Programación Grafcet.....	46
5.1.5.1.1	Ecuaciones Booleanas asociadas a cada etapa.....	47
5.1.5.2	Programación Ladder.....	49

6. SIMULACIÓN.

6.1	Generalidades.....	50
6.2	Software para el diseño mecánico.....	50
6.2.1	Sistema CAD.....	50
6.2.2	Sistema CAM.....	51
6.2.3	Sistema CAE.....	51
6.3	Programas CAD.....	52
6.4	SolidWorks Premium 2010.....	52
6.4.1	Perspectiva general de la interfaz de SolidWorks.....	53
6.4.2	¿Cómo empezar un proyecto en SolidWorks?.....	54

6.4.3	Herramientas de SolidWorks.....	56
6.4.3.1	Herramientas de croquizado.....	56
6.4.3.2	Herramientas de operaciones.....	57
6.4.3.3	Herramientas de cotas/relaciones.....	58
6.5	Elementos de la máquina rediseñados en SolidWorks.....	59
6.5.1	El horno.....	59
6.5.2	Estructura soporte base del horno.....	60
6.5.3	Ejes de soporte base del horno.....	61
6.5.4	Bombo.....	61
6.5.5	Eje del bombo.....	61
6.6	Ensamblaje en SolidWorks.....	62
6.6.1	Ejercicio.....	64
6.7	Simulación “análisis de esfuerzos”.....	67
7.	EXPERIMENTACIÓN	
7.1	Pruebas.....	71
7.1.1	Pruebas en la fase de alimentación.....	71
7.1.1.1	Pruebas en la fase de alimentación para el maní.....	71
7.1.1.2	Pruebas en la fase de alimentación para el café.....	72
7.1.1.3	Pruebas en la fase de alimentación para el cacao.....	72
7.1.2	Pruebas en la fase de tostado.....	73
7.1.3	Determinación experimental del tiempo de tostado al variar la velocidad.....	78
7.2	Interpretación de resultados.....	78
7.2.1	Velocidad de rotación.....	78
7.2.2	Tiempo de tostado.....	78
7.2.3	Consumo energético del horno.....	79
7.2.3.1	Cálculo de consumo del motor-reductor.....	80
7.2.3.2	Cálculo de consumo de las resistencias.....	80
7.2.3.2.1	Consumo total.....	81
7.3	Guía de operación y mantenimiento.....	81
7.3.1	Instrucciones de operación.....	81
7.3.2	Instrucciones de mantenimiento.....	83

8. ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1	Análisis de costos.....	85
8.1.1	Costos directos.....	85
8.1.2	Costos indirectos.....	86
8.1.3	Costo total.....	86
8.1.4	Fórmula de reajuste.....	87
8.1.4.1	Reajuste de precios.....	87

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1	Conclusiones.....	88
9.2	Recomendaciones.....	89

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	ESTADO SUBSISTEMA DEL HORNO.....	2
2.2	ESTADO SUBSISTEMA DE CALENTAMIENTO.....	2
2.3	ESTADO SUBSISTEMA DE GIRO.....	2
3.1	POROSIDAD Y MASA.....	15
3.2	CARACTERÍSTICAS A 20,60% DE HUMEDAD.....	16
3.3	VOLUMEN EQUIVALENTE Y MASA DE AGUA.....	17
3.4	DATOS DEL PRODUCTO Y POTENCIA REQUERIDA.....	17
3.5	POTENCIA PARA CALENTAR EL BOMBO.....	18
3.6	POTENCIA PARA TOSTAR.....	19
3.7	DATOS DEL BOMBO.....	19
3.8	CALOR PARA EL BOMBO.....	20
3.9	CALOR DE EVAPORACIÓN.....	21
3.10	PROPIEDADES DE LOS METALES.....	23
5.1	CARACTERÍSTICAS DEL PLC TWIDO.....	43
5.2	PARTES PRINCIPALES DEL PLC TWIDO.....	44
5.3	ELEMENTOS GRÁFICOS E INSTRUCCIONES DE TWIDOSOFT.....	45
7.1	TIEMPOS EN LA ALIMENTACIÓN PARA EL MANÍ.....	71
7.2	TIEMPOS EN LA ALIMENTACIÓN PARA EL CAFÉ.....	72
7.3	TIEMPOS EN LA ALIMENTACIÓN PARA EL CACAO.....	72
7.4	VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL MANÍ (9h40 – 11h00).....	74
7.5	VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL MANÍ (19h08 – 20h08).....	74
7.6	VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL CAFÉ (18h38 – 20h08).....	75
7.7	VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL CAFÉ (12h09 – 13h49).....	76
7.8	VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL CACAO (10h05 – 11h15).....	76
7.9	VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL CACAO (08h50 – 10h00).....	77

7.10	VALORES DE VELOCIDAD Y FRECUENCIA.....	78
7.11	VALORES OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	79
7.12	VALORES DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	80
7.13	CONSUMO ENERGÉTICO DE LAS RESISTENCIAS.....	80
8.1	TOTAL COSTOS DIRECTOS.....	85
8.2	COSTOS INDIRECTOS (30%).....	86
8.3	COSTOS TOTALES.....	86

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	Dimensiones del horno.....	3
2.2	Moto variador del horno.....	4
2.3	Distribución de la resistencia.....	5
2.4	Tolva.....	7
2.5	Mecanismo de la compuerta.....	7
2.6	Dimensiones del recipiente.....	8
3.1	Forma y dimensiones del horno.....	11
3.2	Forma del bombo.....	12
3.3	Selección del material.....	13
3.4	Propiedades físicas del Aluminio.....	13
4.1	Tostadora antes y después del rediseño.....	26
4.2	Sistema de alimentación.....	27
4.3	Dimensiones del embudo.....	28
4.4	Depósito de descarga del producto tostado.....	28
4.5	Ensamble motor-reductor bombo anterior.....	29
4.6	Ensamble motor-reductor bombo actual.....	29
4.7	Estructura y eje anterior.....	30
4.8	Estructura y ejes actuales.....	30
4.9	Acople piñón-tornillo sin fin.....	31
4.10	Bombo anterior y actual.....	31
4.11	Motor-reductor del bombo.....	32
4.12	Mecanismo anterior de cierre y apertura de la tapa del horno.....	33
4.13	Mecanismo actual de cierre y apertura de la tapa del horno.....	33
4.14	Sistema de control anterior.....	34
4.15	Sistema de control actual.....	35
4.16	Sistema de control.....	36
4.17	Variador de frecuencia.....	37
4.18	Relé.....	38
4.19	Timer.....	39
4.20	Selector de 4 posiciones.....	39
4.21	Posición de alimentación.....	40

4.22	Posición de descarga.....	41
5.1	Esquema de programación Grafcet.....	47
5.2	Interpretación ecuación Booleana.....	49
6.1	SolidWorks Premium 2010.....	52
6.2	Página de inicio de SolidWorks Premium 2010.....	53
6.3	Página de inicio de SolidWorks Premium 2010.....	55
6.4	Planos de SolidWorks.....	55
6.5	Barra de comandos de SolidWorks.....	56
6.6	Croquis.....	56
6.7	Ejemplo de contorno.....	56
6.8	Operaciones.....	57
6.9	Ejemplo de extrucción.....	57
6.10	Administrador de propiedades.....	58
6.11	Cotas/relaciones.....	58
6.12	Cota inteligente.....	59
6.13	Horno.....	60
6.14	Estructura soporte de base del horno.....	60
6.15	Ejes.....	61
6.16	Bombo.....	61
6.17	Eje del bombo.....	62
6.18	Ensamblaje para insertar.....	62
6.19	Relación de posición.....	63
6.20	Ensamblaje.....	64
6.21	Elementos ensamblados.....	65
6.22	Ensamble del horno.....	65
6.23	Partes del horno.....	66
6.24	Relación de posición.....	66
6.25	Horno ensamblado.....	66
6.26	Mecanismo de puertas.....	67
6.27	Horno completo.....	67
6.28	Estructura base del horno.....	68
6.29	Complementos.....	68
6.30	Botón de simulación.....	68

6.31	Datos de sujeción.....	69
6.32	Análisis de esfuerzos.....	69
6.33	Análisis de desplazamiento.....	70
7.1	Temperatura vs tiempo para el maní (9h40 – 11h00).....	74
7.2	Temperatura vs tiempo para el maní (19h08 – 20h08).....	75
7.3	Temperatura vs tiempo para el café (18h38 – 20h08).....	75
7.4	Temperatura vs tiempo para el café (12h09 – 13h49).....	76
7.5	Temperatura vs tiempo para el cacao (10h05 – 11h15).....	77
7.6	Temperatura vs tiempo para el cacao (8h50 –10h00).....	77

LISTA DE ABREVIACIONES

SCADA	Control de supervisión y adquisición de datos (Supervisory control and data acquisition).
PCI	Interconexión del componente de dispositivo periférico (Peripheral Component Interconnect).
ISA	Industria Estándar de Arquitectura (Industry Estándar Architecture).
PCIM	Computadora personal de fabricación integrada (Personal Computer Integrated Manufacturing).
PLC	Controlador Lógico Programable.
MDF	Fibra de densidad media.
IPAC	Industria Productora de Aceros.
FC	Final de carrera.
RS	Resistencias.
h	Coefficiente de aflojamiento por humedad.
ϵ	Porosidad.
η	Rendimiento del horno.
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
ANSI	Instituto Nacional Americano Estándar (American National Estándar Institute)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
Hz .	Hercios
APU.	Análisis de Precios Unitarios.
RPM.	Revoluciones por minutos.
FEA.	Análisis de elementos finitos.
CNC.	Control numérico por computadora.

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Definición	Unidades
k	Coeficiente de conductividad térmica.	kcal/hr.m.°C
V	Voltaje	V
m	Masa	kg
m_a	Masa de agua.	kg
<i>m</i>	Flujo de masa.	kg/h
m₂	Masa del bombo.	kg
A	Área	m ²
V_{requerido}	Volumen requerido.	m ³
V	Volumen.	m ³
V_c	Volumen en la cámara.	m ³
V_b	Volumen en el bombo.	m ³
V_m	Volumen del maní.	m ³
V_c	Volumen del café.	m ³
V_p	Volumen del cacao.	m ³
V_{prod}	Volumen del producto.	m ³
V_a	Volumen de agua.	m ³
S_y	Módulo de elasticidad.	kg/cm ²
T_{resistente}	Torque resistente.	kg.m
Fr	Fuerza de rozamiento.	kg
T	Temperatura.	°C
T_p	Temperatura del proceso.	°C
T_a	Temperatura ambiente.	°C
t	Tiempo de tostado.	min
ρ	Densidad.	kg/m ³
γ	Peso específico.	N/m ³
γ_m	Peso específico del producto húmedo.	N/m ³
γ_s	Peso específico del producto seco.	N/m ³
P_m	Peso del maní.	N
Ph	Potencia requerida en el horno.	W
Pe	Potencia para calentar el bombo y aletas.	W

P_{th}	Potencia total necesaria en el horno.	W
C_p	Calor específico.	kcal/kg°C
Q_c	Calor requerido para tostar la carga.	W
Q_b	Calor necesario para calentar el bombo.	W
Q_s	Calor necesario para el soporte de la resistencia.	W
Q_{evap}	Calor de evaporación.	W
Q_t	Calor total.	W
P_{elec}	Potencia eléctrica.	W
R	Resistencia eléctrica.	Ω
C	Consumo energético.	Dólares

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Programación Ladder.
- ANEXO 2:** Análisis de precios unitarios (APU), Sistema horno.
- ANEXO 3:** Análisis de precios unitarios (APU), Sistema Bombo.
- ANEXO 4:** Análisis de precios unitarios (APU), Sistema Variador.
- ANEXO 5:** Análisis de precios unitarios (APU), Sistema Control.
- ANEXO 6:** Análisis de precios unitarios (APU), Equipo.
- ANEXO 7:** Análisis de precios unitarios (APU), Mano de Obra.
- ANEXO 8:** Análisis de precios unitarios (APU), Materiales.
- ANEXO 9:** Análisis de precios unitarios (APU), Presupuesto.
- ANEXO 10 :** Análisis de precios unitarios (APU), Transporte de Materiales.
- ANEXO 11:** Fórmula de reajuste.

RESUMEN

La automatización de las máquinas es la mejor manera de incrementar el rendimiento de un proceso de producción, y el perfeccionamiento de la misma ayuda a eliminar los pequeños detalles que pueden estar creando conflictos.

A través del presente trabajo se desea mostrar los pasos efectuados para realizar el rediseño de un sistema tostador de maní, el que fue sometido a un análisis de estado de funcionamiento actual previo a la modificación de los elementos, además de la simulación de la máquina empleando un software de diseño y la implementación de nuevos dispositivos eléctricos y electrónicos como un variador de frecuencia para aumentar las aplicaciones de tostado; las que obligan a realizar una reconfiguración de la programación.

La programación se realizó utilizando el software TWIDOSUITE versión 2.2 y empleando las reglas del GRAFCET se determinaron las ecuaciones booleanas para construir el LADDER o diagrama de contactos que configura al PLC, el que gobierna tres procesos para tres productos que son: maní, café y cacao.

Experimentalmente se determinaron que los parámetros de temperatura, tiempo y velocidad de tostado para el maní, café y cacao son: 185°C, 55 min, 33.33 rpm; 214°C, 100 min, 43.33 rpm y 140°C, 70 min, 46.33 rpm respectivamente, valores que cumplen satisfactoriamente con los planteamientos realizados para el rediseño.

SUMMARY

The machinery automation is the best way to increase a production process yield and its improvement. It helps to eliminate the little details creating conflicts.

Through the present work it is intended to show the performed steps to carry out the re-design of a peanut toaster system which was subjected to an analysis of an actual functioning condition previous to the element modification and the machine simulation employing a design's software and the implementation of new electrical and electronic devices such as a frequency variation device to increase the toasting applications which oblige to carry out a programming re-configuration.

The programming was carried out using the TWIDOSUITE software version 2.2 and, using the GRAFCET rules the Boolean equations were determined to build up the LADDER or contact diagram which configures the PLC which runs three processes for the three products which are: peanut, coffee and cacao.

It was determined experimentally that the temperature, time and velocity parameters of peanut, coffee and cacao toasting are: 185°C, 55 min, 33.33 rpm; 214°C, 100 min, 43.33 rpm and 140°C, 70 min and 46.33 rpm respectively, values which satisfactorily meet the re-design statements.

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En el año 2003 se ha desarrollado la tesis de grado titulada DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL TOSTADOR DE MANÍ MEDIANTE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE realizada por los egresados Pérez Bayas Miguel Ángel y Paullán Pilco Marco Eliecer, la misma que ha venido siendo útil para realizar prácticas de laboratorio en la cátedra de “Control Automático”.

En este banco se puede observar la aplicación de los conocimientos básicos de Control Automático, la automatización industrial y fundamentalmente la utilización del sistema SCADA PCIM, y en base a las prácticas realizadas se ha podido determinar que tanto el tiempo de tostado así como la operación del horno no ha sido posible optimizarle este equipo, por lo que entre otras cosas, se considera rediseñar el horno buscando caracterizarlo técnicamente, así como, determinar su comportamiento de procesamiento cuando se experimente al tostar otras clases de productos alimenticios como el café y el cacao.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Rediseñar el horno de la “MÁQUINA TOSTADORA DE MANÍ”, del laboratorio de Control Automático de la Facultad de Mecánica.

1.2.2 Objetivos específicos

Analizar el estado actual de la máquina.

Analizar y modificar las partes que conforman los sistemas térmicos, mecánicos y de control.

Determinar experimentalmente los parámetros adecuados de tiempo y velocidad de rotación de los productos a tostar.

CAPÍTULO II

2 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE TOSTADO

El sistema de tostado es un conjunto de elementos que abarca varios dispositivos acoplados y sincronizados, que se divide en tres partes principales para una mejor observación: subsistema del horno, subsistema de calentamiento y subsistema de giro del bombo, los que debido al uso se han deteriorado presentando algunos inconvenientes en la ejecución del proceso.

Para establecer el estado del sistema se analizará las condiciones y circunstancias de cada uno de los subsistemas del conjunto en las siguientes tablas.

Tabla 2.1. ESTADO SUBSISTEMA DEL HORNO.

Elemento	Estado
Eje de posicionamiento	Pandeado y roto
Soporte base del horno	Sobre-diseñado, demasiado peso
Horno	Agujereado en exceso
Puerta del Horno	Convencional

Tabla 2.2. ESTADO SUBSISTEMA DE CALENTAMIENTO.

Elemento	Estado
Resistencia Eléctrica	Potencia baja, insuficiente para el proceso
Cables conductores	Recalentados
Protección aislante	Deteriorada

Tabla 2.3. ESTADO SUBSISTEMA DE GIRO.

Elemento	Estado
Bombo	Características térmicas bajas
Eje de transmisión	Pandeado
Engranajes	Atascados
Motor-reductor	Exceso de carga

Con estas tablas se comprueba el deteriorado estado en el que se halla el sistema.

A continuación se detallan otros factores y elementos que son determinantes en el óptimo funcionamiento del sistema.

2.1 Tiempo del proceso

El tiempo de tostado es de 2 horas, concluyendo que es excesivamente grande y por este motivo se opta por realizar algún tipo de modificación.

2.1.1 Fase de tostado

La fase de tostado tiene los siguientes elementos [1]:

- ❖ El horno.
- ❖ Bombo interior conectado a un motor con un eje.
- ❖ Resistencia eléctrica.

2.1.2 El horno

El horno, consta de las siguientes dimensiones:

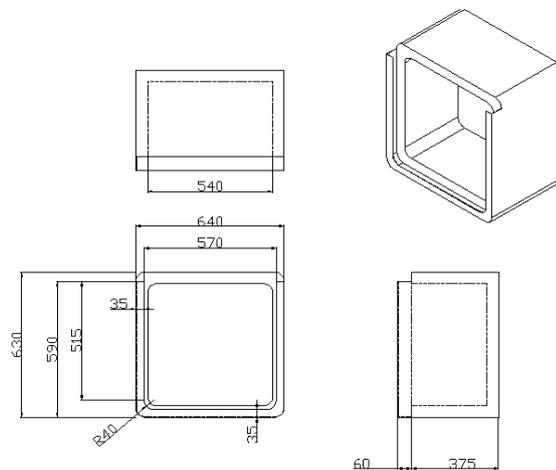


Figura 2.1. Dimensiones del horno.

Y está construido de una pared doble de plancha metálica de 1 mm de espesor, la cual se la conoce en el mercado como tol negro, con un espacio intermedio de 0.05 m, cubierto por un aislante térmico (lana de vidrio) que reduce las pérdidas de calor [1].

El tol negro tiene un coeficiente de conductividad térmico de $K = 46.12$ Kcal/h.m°C (31 BTU/h.ft.°F) [1]. La lana de vidrio tiene un conductividad térmica de

$K_1 = 0.037 \text{ Kcal/h.m}^\circ\text{C}$ [1]. El horno descansa sobre un soporte, este se acopla a un eje de acero ASAB 705 [1].

Para tomar la posición de alimentación y descarga se utiliza un sistema de tornillo sin fin corona, acopladas mediante un matrimonio a un moto-variador trifásico que tiene las siguientes características técnicas:

- ❖ Potencia: 0.25 KW
- ❖ Voltaje: 220 V
- ❖ Cos φ : 0.72
- ❖ RPM: 0 – 40
- ❖ Marca: HTRIEB-HEYNAU



Figura 2.2. Moto variador del horno.

El tornillo sin fin está construido de acero AISI 1018 y la corona de bronce al fósforo [1].

2.1.3 Bombo interior

El diámetro del bombo es 0.32 m, el cual está formado por dos casquetes semiesféricos de acero inoxidable SAE 30316L con un espesor 1.5 mm [1]. Este elemento va conectado a un motor mediante un eje de acero AISI 1018 [1], en cuyo extremo tiene una rueda dentada recta que se acopla a un piñón en el motor, y seguir la experimentación efectuada en la tesis, motivo del rediseño; la velocidad de rotación del bombo es 31 rpm, y el ángulo de inclinación del bombo es de 40° , valores que permiten que el producto a tostar maní, café o cacao muestren una calidad aceptable para su comercialización.

El motor y la resistencia eléctrica tienen las siguientes características técnicas [1]:

- ❖ Potencia: 74.6 W
- ❖ RPM: 80
- ❖ Voltaje: 110 V
- ❖ Marca: General Electric.

Resistencia eléctrica [1].

- ❖ Potencia: 1KW
- ❖ Voltaje: 110 V
- ❖ Longitud de la resistencia: 1.55 m
- ❖ Diámetro del canal: 1.1 cm
- ❖ Material: Níquel – cromo
- ❖ Fuente de selección: Industria de resistencias Electro-Térmicas

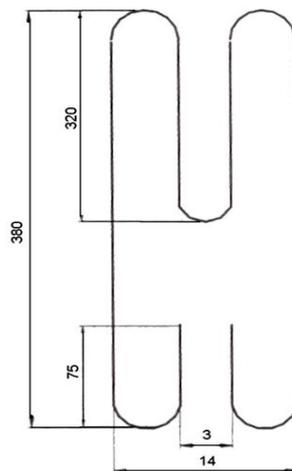


Figura 2.3. Distribución de la resistencia.

2.2 Limitación en la modificación de la velocidad de rotación

La velocidad de rotación es limitada puesto que el motor es muy obsoleto y el proceso de rotación produce fricción, lo que provoca una disminución en la eficiencia

del tostado, por lo mismo la máquina necesite más mantenimiento y el motor se esfuerza en el proceso o peor aún corre el riesgo de quemarse.

2.3 Carga y descarga del producto

Para que el producto inicial cumpla con el proceso de tostado, éste debe pasar desde la tolva al bombo en una fase de alimentación o carga y del bombo al recipiente de almacenamiento de producto terminal en una fase de descarga.

A continuación se describirán las fases y algunos elementos que conforman el proceso.

2.3.1 Fase de alimentación

Para esta etapa existe un motor eléctrico de baja potencia (40.25 W), el cual tiene un sistema de tolva y compuerta, éste tipo de motor tiene la particularidad de permitir su inversión de giro y el consumo de energía en el mismo es bajo.

Como partes constitutivas de la fase, se puede señalar las siguientes:

- ❖ Tolva de almacenamiento del producto.
- ❖ Soporte para la tolva.
- ❖ Mecanismo de alimentación desde la tolva hacia el bombo.

2.3.2 Tolva

La capacidad total en la tolva es de 16 Kg, parámetro que fue escogido en base a la producción que se realiza en una jornada diaria de trabajo, el material de la que está construida es MDF y sus dimensiones fueron determinadas en función de la relación existente entre la masa total del producto y el volumen necesario para el mismo (Figura 2.4) [1].

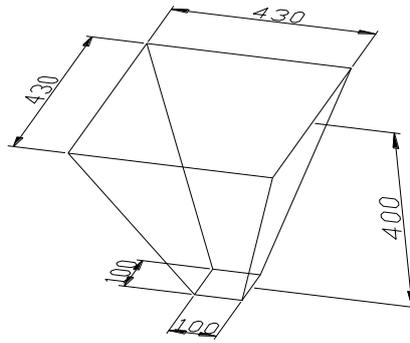


Figura 2.4. Tolva.

2.3.3 Mecanismo de alimentación

Este mecanismo se muestra en la (Figura 2.5), el cual consta de una palanca con una compuerta redonda (de acero A36) acoplada a un motor-reductor que tiene las siguientes características técnicas:

❖ Voltaje nominal:	115 V
❖ Amperaje nominal:	0.35 A
❖ RPM:	5.76
❖ Potencia eléctrica:	40.25 W
❖ Potencia en el eje ($\eta_{mec} = 75 \%$):	30.18 W
❖ Torque:	5.1 Kg.m
❖ Marca:	SIGMA

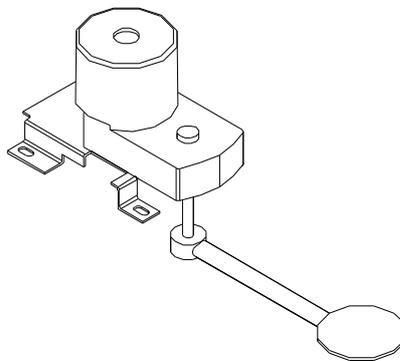


Figura 2.5. Mecanismo de la compuerta.

2.3.4 Fase de descarga

Para que se produzca la salida total del producto tostado se gira el conjunto horno - bombo hasta un ángulo de 130° con respecto a la posición de alimentación, en donde cae, luego de salir a través del embudo, a un recipiente, construido en madera prefabricada MDF, este se muestra en la (figura 2.6).

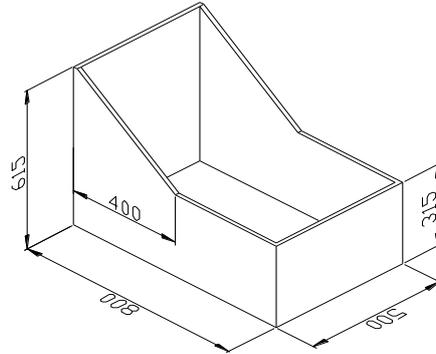


Figura 2.6. Dimensiones del recipiente.

2.4 Desbalanceo

Se pudo observar que por el tiempo que tiene la máquina, los ejes del horno y de el tambor de tostado se encuentran desbalanceados lo que produce bamboleo por la excentricidad de los mismos que conllevan también a producir rozamiento y desgaste de los elementos seguido de un deterioro, y una disminución en la eficiencia total de toda la máquina, cabe destacar que éste desbalanceo produjo que el eje que sostiene a todo el horno se pandeara al punto de la ruptura en la base donde se encuentran el engranaje de arrastre del tornillo sin fin lo que produjo que el funcionamiento del horno se detuviera por completo.

CAPÍTULO III

3 PARÁMETROS DE REDISEÑO TÉRMICO DEL HORNO

3.1 Parámetros del horno

El horno cuenta con un sistema de calentamiento eléctrico esto tiene grandes ventajas con respecto a los otros sistemas que son:

- ❖ Calentamiento inmediato.
- ❖ No se produce daño en las paredes de la cámara.
- ❖ Facilidad en el control de temperatura.
- ❖ Costo de construcción bajo comparado con los otros tipos de hornos.

3.1.1 Parámetros de diseño térmico

Los parámetros se han tomado basándose en el modelo ya construido y con datos obtenidos mediante acceso a internet y a bibliotecas de la politécnica de Chimborazo con esto se tienen los siguientes parámetros:

3.1.1.1 Temperatura de tostado

Según la experimentación del sistema de tostado de maní se ha cuantificado la temperatura en un valor comprendido entre 150 a 200°C [2].

Como también se va aplicar el proceso para otro tipo de producto en este caso el café y cacao se obtienen las temperaturas de tostado para estos que son: café de 100 a 250°C y cacao de 100 a 140°C.

3.1.1.2 Cantidad del producto a tostar

Se toma en cuenta el consumo de energía, ya que el lugar en donde va a ser utilizada la tostadora la potencia instalada no debe superar la disponible, se toma la cantidad de producto para ser tostado de acuerdo al grado de porosidad del mismo, en este caso se realizan los cálculos para maní, café y cacao que son los datos necesarios a obtener para determinar la cantidad de producto a tostar.

3.1.1.3 Tiempo de tostado

El tiempo de tostado según referencias bibliográficas es de 40 a 60 minutos [2] para el maní, como consta de tostado de 2 productos más se tiene en el café un tiempo de 20 a 45 minutos y en el cacao un tiempo de 45 a 60 minutos, esto es aceptable para que salga un producto con muy buena apariencia, sabor agradable y sobretodo que el equipo cumpla con su función específica.

El producto por lo general se encuentra a una humedad de 20,6%, es así que para la comercialización el producto ya tiene un proceso de pre secado basándose en el uso de energía solar y si aún no tiene pre secado se debe proceder al mismo.

3.1.2 Dimensionamiento del horno

Se toma en cuenta el dimensionamiento anterior, ya que fue probado y cumple con las expectativas que se necesitan, lo cual va a permitir tener una referencia y poder obtener mayor eficiencia en el horno.

3.1.2.1 Diámetro del bombo

Se considera un diámetro del bombo de 30cm, el cual es necesario para el cálculo del volumen y los cálculos de porosidad para el maní, café y cacao.

Con estos datos obtenidos se pueden conocer las masas para cada producto y obtener un equivalente para realizar el proceso deseado.

3.1.2.2 Forma y dimensiones del horno

Se utiliza la forma de la tesis anterior puesto que resulta de una gran utilidad, y como se dispone del mismo el cual permite realizar los cambios necesarios para el rediseño.

Se tiene una combinación de la forma cuadrada del horno pero en sus esquinas una forma circular lo cual beneficia pues brinda una mejor recirculación de aire caliente en las esquinas.

Dimensiones del horno:

- ❖ Ancho: 0,50 m

- ❖ Alto: 0,50 m
- ❖ Profundidad: 0,32 m

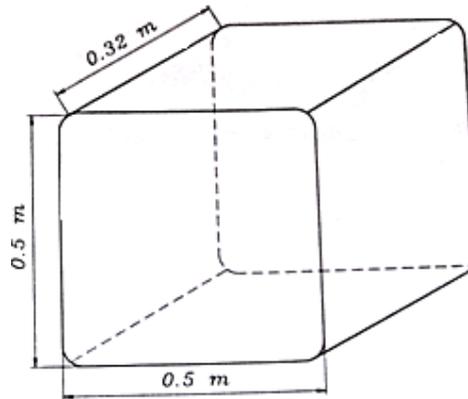


Figura 3.1. Forma y dimensiones del horno.

3.1.3 Estructura de las paredes

Se tiene una pared sencilla de doble chapa metálica con un espacio intermedio cubierto por un aislante térmico el cual es el encargado de reducir las pérdidas de calor que se pueden producir en el horno.

3.2 Temperatura del proceso

La temperatura a la que va a estar el horno se da de acuerdo al tipo de materia prima a tostar, en este caso se implementa el horno para tres tipos de producto que son:

- ❖ Maní.
- ❖ Café.
- ❖ Cacao.

Se tiene una temperatura de tostado de maní comprendida entre 150 a 200°C de este dato se asume una temperatura de 170°C como la más adecuada para el proceso.

En el café y cacao se obtiene también la temperatura de tostado que son: café de 100 a 250°C, de donde se asume una temperatura de 180°C y para el cacao de 100 a 140°C, tomando una temperatura de 120°C.

Se obtiene como resultado que a la máxima temperatura que va a llegar el horno va a ser de 250°C que es la necesaria para obtener el café tostado en un estado recomendado.

3.3 Cálculo térmico del horno

Para esto se toma como referencia las ecuaciones de la tesis anterior puesto que resultan de gran utilidad para los cálculos actuales.

3.3.1 Volumen de la cámara de calentamiento

Se considera las dimensiones actuales que son:

- ❖ Ancho: 0,50 m
- ❖ Alto: 0,50 m
- ❖ Profundidad: 0,32 m

Con el espesor de la pared en la cámara de 0,05m en cada lado, entonces se tiene un volumen en la cámara de: $V_c = 0,08m^3$.

3.3.2 Volumen promedio de la materia prima a calentar

Se toma en cuenta el nuevo bombo de 30cm de diámetro principal pero de forma irregular no esférica pura, de donde el volumen resultante del bombo será la sumatoria de los volúmenes que lo conforman; para ello se necesita la ayuda del software SOLIDWORKS que a través de la herramienta “propiedades físicas”  se puede visualizar varios detalles de un sólido.

$$\text{Volumen 1} = 1609786.96 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volumen 2} = 4724367.63 \text{ mm}^3$$

$$V_b = V_1 + V_1 + V_2 + V_2$$

$$V_b = 12668309.18 \text{ mm}^3$$

$$V_b = 0.012668 \text{ m}^3$$

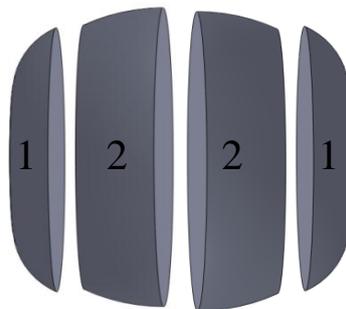


Figura 3.2. Forma del bombo.

3.3.2.1 Cálculo de la porosidad y masa para la materia prima

Para éste cálculo se empezará con el primer producto que es el maní.

$$V_b = \frac{m}{\delta(1-\varepsilon)} = 0,01413 \quad (3.2)$$

$$\text{Porosidad } \varepsilon = \frac{V_{tp}}{V} \quad (3.3)$$

Asumiendo $d_{pp} = 10,243 \text{ mm}$.

De donde d_{pp} es el diámetro equivalente de la partícula de producto “maní”.

Reemplazando los valores en la ecuación (3.1) se tiene:

$$V_{pp} = \frac{1}{6} * \pi * (10,243 \text{ mm})^3 = 562,75 \text{ mm}^3$$

Como la muestra se realiza con un total de 875 granos (#g) para 1 libra de maní se debe multiplicar el volumen por esta cantidad lo que da como resultado:

$$V_{tp} = V_{pp} * \#g \quad (3.4)$$

$$V_{tp} = 562,75 \text{ mm}^3 * 875 = 492406,25 \text{ mm}^3$$

Se calcula el volumen total del recipiente con una altura ($h = 32 \text{ mm}$) y un diámetro ($d = 165 \text{ mm}$):

$$V = A * h = \frac{\pi}{4} * d^2 * h \quad (3.5)$$

$$V = \frac{\pi}{4} * (165)^2 * 32 = 684238,88 \text{ mm}^3$$

En donde:

$$V_{tp} = 492406,25 \text{ mm}^3 \text{ Volumen total de la partícula.}$$

$$V = 684238,88 \text{ mm}^3 \text{ Volumen total del recipiente}$$

$$\varepsilon = \frac{V_{tp}}{V} = \frac{492406,25 \text{ mm}^3}{684238,88 \text{ mm}^3} = 0,71$$

De donde:

$$V_b = \frac{m}{\delta(1 - \varepsilon)} \rightarrow \delta = 1044,05 \frac{Kg}{m^3} \text{ densidad del maní}$$

Despejando la masa (m) se tiene:

$$m = V_b * \delta * (1 - \varepsilon) \quad (3.6)$$

$$m = 0,01413 m^3 * \left(1044,05 \frac{Kg}{m^3}\right) * (1 - 0,71)$$

$$m = 4,43 Kg$$

Cabe destacar que el bombo con esta masa va a estar completamente lleno por lo cual se va a tomar una masa de 4kg, lo cual asegura un tostado perfecto y de acuerdo a las proyecciones deseadas.

Tomando como modelo los cálculos anteriores se determina los valores para los otros productos que son café y cacao los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.1. POROSIDAD Y MASA.

producto	d _{pp} (mm)	#g(u)	V _{tp} (mm ³)	V(mm ³)	ε	δ (Kg/m ³)	m(Kg)
Maní	10.243	875	492406.25	684238.88	0.71	1044.05	4.43
Café	6.116	2262	270952.80	684238.88	0.40	640.12	5.43
Cacao	15.830	310	644335.00	898063.53	0.71	520.00	2.40

3.3.2.2 Cálculo del volumen equivalente y la masa de agua del producto

Se debe considerar el valor del volumen total del bombo (V_b), que al ser multiplicado por la porosidad (ε) de cada uno de los productos se obtiene el volumen de producto V_{prod} máximo que abarca el bombo.

El cálculo de volumen para el maní da como resultado:

$$V_{prod} = (\varepsilon) * V_b$$

$$V_{prod} = (0,71) * 0,01413 m^3 = 0,01 m^3.$$

Para determinar el peso del producto seco se empleará la siguiente ecuación:

$$P_{prod} = V_{prod} * \gamma_w * h \quad (3.7)$$

Para ello se necesitan los siguientes datos de los productos con un 20.60% [3] de humedad:

Tabla 3.2. CARACTERISTICAS A 20.60% DE HUMEDAD.

Características	Maní	Café	Cacao
V_{prod} : Volumen del producto (m^3)	0.01	0.0056	0.01
h: Coeficiente de aflojamiento por humedad del producto (%)	20.60	20.60	20.60
γ_w : Peso específico del producto húmedo (N/m^3)	2048	7848	7357.5
γ_d : Peso específico del producto seco (N/m^3)	1980	3924	6805.7

Sustituyendo los valores para encontrar el peso de “maní” se obtiene:

$$P_{prod} = 0,01m^3 * 2048N/m^3 * 0,2060 = 4,2N$$

El volumen equivalente (V_{equi}) a este peso que se calculó para el maní seco o tostado, será la razón entre el peso del maní seco (P_m) con su peso específico ($\gamma_s = 1980N/m^3$) entonces:

$$V_{equi} = 0,00213m^3$$

El volumen de agua asumido será de 2,05% [3] del volumen del producto seco, en este caso de “maní” de donde:

$$V_a = 0,0205 * V_{equi}$$

$$V_a = 0,0205 * 0,00213m^3 = 4,36x10^{-5}m^3$$

Se obtiene el valor de la masa de agua (m_a) equivalente al producto de la densidad del agua y el volumen de agua que da como resultado:

$$\rho_{H_2O} = \frac{m_a}{V_a} \quad (3.8)$$

De donde:

$$\rho_{H_2O} \text{ (Densidad del agua)} = 1000 \frac{Kg}{m^3}$$

$$m_a = 4,36 \times 10^{-2} \text{kg}$$

Reemplazando los datos correspondientes de los otros productos en las ecuaciones anteriores se tiene:

Tabla 3.3. VOLUMEN EQUIVALENTE Y MASA DE AGUA.

producto	P _{prod} (N)	V _{equi} (m ³)	V _a (m ³)	m _a (Kg)
Maní	4.20	0.002130	4.36X10 ⁻⁵	4.36X10 ⁻²
Café	9.14	0.002329	4.77X10 ⁻⁵	4.77X10 ⁻²
Cacao	15.20	0.002233	4.58X10 ⁻⁵	4.58X10 ⁻²

3.3.3 Potencia requerida en el horno

Se calcula la potencia necesaria para evaporar el agua que se encuentra en el interior del producto [4] con la siguiente ecuación:

$$P_h = \frac{1,16}{t \cdot \eta} * [m * c_p * T_p + m_a * (606,5 + 0,305 * T_p)] \quad [4] \quad (3.9)$$

De donde:

Tabla 3.4. DATOS DEL PRODUCTO Y POTENCIA REQUERIDA.

Datos	Maní	Café	Cacao
m: masa del producto (Kg)	4	5	2
m _a : masa de agua a evaporarse del producto (Kg)	0.0436	0.00477	0.0458
c _p : Calor específico del producto (kcal/Kg°C)	0.921	0.955	0.215
T _p : Temperatura de proceso del horno (°C)	170	180	120
η: Rendimiento del horno (asumido) (%)	80	80	80
t: Tiempo de tostado (min)	40	45	30
P_h : Potencia requerida en el horno (w)	1438.98	1722.7	235.05

3.3.4 Potencia necesaria para calentar el bombo y aletas

$$P_e = m_t * c_p * T_p * \frac{1,16}{t \cdot \eta} \quad (3.10)$$

En donde:

m_2 : Masa del bombo (1.8 Kg)

m_{al} = Masa de aletas (0.2 Kg)

c_p : Calor específico del aluminio (0,24kcal/kg°C)

$$m_t = m_2 + m_{al} = 1,8Kg + 0,2Kg = 2Kg$$

Utilizando los datos de la tabla 3.4 y reemplazando en la ecuación 3.10 se determinó las potencias siguientes:

Tabla 3.5. POTENCIA PARA CALENTAR EL BOMBO.

Producto	Potencia P_e (w)
Maní	179.27
Café	167.04
Cacao	167.04

La potencia total necesaria en el horno (P_{th}) es resultado de la suma de:

$$P_{th} = P_h + P_e$$

Para cada uno de los productos se tiene:

$$P_{th} = 1438,98W + 179,27W = 1618,25W \quad \text{Para el maní.}$$

$$P_{th} = 1722,70W + 167,04W = 1889,74W \quad \text{Para el café.}$$

$$P_{th} = 235,05W + 167,04W = 402,09W \quad \text{Para el cacao.}$$

3.4 Carga térmica del producto

3.4.1 Calor requerido para tostar la carga

Este calor se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_c = \dot{m} * c_{pm} * (T_p - T_a) \quad (3.11)$$

Y reemplazando los datos de la siguiente tabla:

Tabla 3.6. POTENCIA PARA TOSTAR.

Datos al 20.60% de humedad	Maní	Café	Cacao
\dot{m} : Flujo de masa de producto (lb/h)	13.363	14.700	8.820
c_{pm} Calor específico (Btu/lb°R)	0.921	0.955	0.215
T_p : Temperatura del proceso (°R)	798.00	815.67	707.67
T_a = Temperatura ambiente (°R)	524.40	524.40	524.4
Q_c : Calor requerido para tostar la carga (Btu/h)	3367.31	4089.00	347.53
Q_c : Calor requerido para tostar la carga (Kcal/h)	848.56	1030.78	87.57
Q_c : Calor requerido para tostar la carga (W)	986.20	1198.30	101.64

3.5 Rediseño térmico del bombo

3.5.1 Calor necesario para calentar el bombo

Para conocer el calor necesario de calentamiento del bombo se debe determinar la temperatura interna del mismo, para esto se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_c = \frac{4 * \pi * r_e * r_i * k * (T_p - T_{ib})}{r_e - r_i} \quad (3.12)$$

Despejando la temperatura interna del bombo y reemplazando los datos de la tabla 3.4 se obtiene:

$$T_{ib} = T_p - \frac{Q_c (r_e - r_i)}{4 * \pi * r_e * r_i * k}$$

Tabla 3.7. DATOS DEL BOMBO.

Datos del bombo	Maní	Café	Cacao
r_e : Radio exterior del bombo (m)	0.1545	0.1545	0.1545
r_i : Radio interior del bombo (m)	0.1525	0.1525	0.1525
k_i : Conductividad térmica del aluminio (kcal/h.m°C)	175.526	175.526	175.526
Q_c : Flujo de calor para tostar la carga (Kcal/h)	848.56	1030.78	87.57
T_p : Temperatura del proceso (°C)	170	180	120
T_{ib} : Temperatura interna del bombo (°C)	169.967	179.96	119.99

Conociendo la temperatura interna del bombo en la tabla 3.7 se calcula el calor para calentar el bombo:

$$Q_b = m_2 * c_p * (T_{ib} - T_a) \quad (3.13)$$

De donde:

m_2 : Masa del bombo (1,8kg)

c_p : Calor específico del Aluminio. (0,24kcal/kg°C)

T_a : Temperatura ambiente. (18°C)

T_p : Temperatura interna del bombo (169,967°C)

De donde reemplazando en la ecuación se obtiene:

$Q_b=65,65\text{kcal}$.

Para un tiempo de tostado de (40min = 0,66h) de la tabla 3.4, de donde se obtiene:

$Q_b=99,46\text{kcal/h}=115,595\text{W}$

Tabla 3.8. CALOR PARA EL BOMBO.

Datos	Maní	Café	Cacao
m_2 : masa del bombo (kg)	1.8	1.8	1.8
C_p : Calor específico del aluminio (Kcal/kg°C)	0.24	0.24	0.24
T_a : Temperatura ambiente (°C)	18	18	18
t : tiempo de tostado (h)	0.66	0.75	0.5
Q_b : calor para el bombo (W)	115.595	108.421	102.422

3.5.2 Calor de evaporación

Se necesita calcular el calor de evaporación del agua presente en el maní, café y cacao, ya que estos productos no pueden llegar a ser tostados con la misma humedad planteada al inicio, para ello se utiliza el calor latente de evaporación, de donde:

$$Q_{\text{evap}} = m_a * H_{\text{evap}} \quad (3.14)$$

El calor latente de evaporación (H_{evap}) se considera a la temperatura de ebullición del agua que es de 90°C , se tiene $H_{\text{evap}} = 2500 - 2,34 * T$, su equivalencia es de $547,048 \text{ kcal/kg}$, con una masa de agua de $0,0436 \text{ kg}$ para el maní, $0,0477 \text{ kg}$ para el café y $0,0458 \text{ kg}$ para el cacao, de donde se obtiene el calor de evaporación para cada producto a tostar con el tiempo de proceso correspondiente es:

Tabla 3.9. CALOR DE EVAPORACION.

Datos	Maní	Café	Cacao
m_a : masa de agua (kg)	0.0436	0.0477	0.0458
H_{evap} : calor latente de evaporación (Kcal/kg)	547.048	547.048	547.048
t : tiempo de tostado (h)	0.66	0.75	0.5
Q_{evap}: calor de evaporación (kcal)	23.85	26.09	25.05
Q_{evap}: calor de evaporación (W)	42.01	40.41	69.68

3.5.3 Calor total (Q_t) o potencia total (P_{th})

El calor total o la potencia total necesaria para calentar el horno es igual a la suma del calor requerido para tostar la carga (Q_c), calor requerido para calentar el bombo (Q_b), y el calor necesario para la evaporación del agua del (Q_{evap}), de donde reemplazando los valores obtenidos para cada producto se tiene:

$$Q_t = 989,67\text{W} + 115,595\text{W} + 42,01\text{W} = 1147,275\text{W} \quad \text{Para el maní.}$$

$$Q_t = 1198,3\text{W} + 108,421\text{W} + 0,41\text{W} = 1347,131\text{W} \quad \text{Para el café.}$$

$$Q_t = 101,64\text{W} + 102,422\text{W} + 69,68\text{W} = 273,742\text{W} \quad \text{Para el cacao.}$$

3.6 Tamaño de carga del bombo

Según los cálculos realizados se tiene una carga en el bombo de una masa ($m=4\text{kg}$) para el maní, ($m=5\text{kg}$) para el café y ($m=2\text{kg}$) para el cacao, lo cual asegura un tostado perfecto y de acuerdo a las proyecciones deseadas.

3.7 Cálculo de potencia eléctrica

El cálculo de la potencia eléctrica (P_{elec}) necesaria en el horno se la realiza con la eficiencia del horno y considerando el calor total de calentamiento (Q_t), cuya ecuación se expresa como:

$$P_{elec} = \frac{Q_t}{\eta} \quad (3.15)$$

De acuerdo con las recomendaciones que se dan para hornos eléctricos, la eficiencia se da desde 50 a 85%. Para este caso se tomó una eficiencia del horno del 80%, de donde:

$$P_{elec} = \frac{1154,565W}{0,8} = 1443,206W \quad \text{Para el maní.}$$

$$P_{elec} = \frac{1353,971W}{0,8} = 1692,46W \quad \text{Para el café.}$$

$$P_{elec} = \frac{229,252W}{0,8} = 286,565W \quad \text{Para el cacao.}$$

Como las potencias eléctricas son diferentes de acuerdo al producto que se vaya a tostar se considera la potencia más alta para la selección, esta potencia es la del café que es de 1692,46 W, pero por la disponibilidad de las resistencias en el mercado con esta potencia se tomara un resistencia eléctrica de 2000 W; como se cuenta con una resistencia de 1000 W se deberá construir otra resistencia de las mismas características y valor de potencia.

3.7.1 Cálculo de la resistencia eléctrica

Empleando la ley de joule y considerando la potencia eléctrica del horno de 2000 W y el voltaje de 110 v la resistencia eléctrica será:

$$P_{elec} = \frac{V^2}{R} \quad (3.16)$$

Despejando (R) de la ecuación (3.15) y reemplazando los valores se obtiene:

$$R = \frac{110^2}{2000} = 6.05 \Omega$$

3.8 Verificación de la eficiencia del material

3.8.1 Material de las paredes del horno

En las paredes del horno se tiene una plancha metálica de 1/25" (1mm) de espesor, este material es conocido en el mercado como tol negro de donde su coeficiente de conductividad térmica (k) es de:

$$k = 31 \text{ Btu/hr.ft. } ^\circ\text{F} = 46,12 \text{ kcal/hr.m. } ^\circ\text{C} [5].$$

3.8.2 Material del bombo

Para el material de bombo se tiene 2 semiesferas de aluminio de 30cm de diámetro que al unir las van a dar la forma del bombo.

3.8.2.1 Características del aluminio¹

La tabla muestra una comparación de las propiedades del aluminio y el acero al carbón con zinc. El acero galvanizado se obtiene mediante la inmersión del acero al carbón en un baño de zinc fundido, por lo tanto la tabla muestra estos metales.

TABLA 3.10. PROPIEDADES DE LOS METALES².

Metal	Densidad lbm/cu ft	Conductividad Térmica Bru/sq h F ft	Capacidad calorífica específica
Aluminio	165	117	0.215
Acero al carbón	489	26	0.108
Zinc	440	65	0.0992

La conductividad térmica del metal afecta el desempeño térmico así como la velocidad y eficacia.

3.8.2.1.1 Peso

La baja densidad del aluminio comparada con el acero y el zinc, dan por resultado un bombo más ligero. Uno de acero galvanizado pesará hasta 3 veces más que uno de aluminio, con las mismas dimensiones. Dado que la conductividad térmica del aluminio es mayor, el desempeño es mejor si se compara con el acero galvanizado.

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/aluminio/propiedades.es>

² <http://es.wikipedia.org/wiki/aluminio/propiedades.es>

Cuando el efecto del mejor desempeño del aluminio es tomado en cuenta, el equipo fabricado en acero galvanizado pesara 3 ½ veces más teniendo la misma capacidad de enfriamiento.

El menor peso del bombo de aluminio reduce los requerimientos de estructura. La colocación también es mucho más sencilla con un bombo más ligero.

3.8.2.1.2 Desempeño

La conductividad térmica del aluminio es 4 ½ veces mayor que el acero y 2 veces mayor que el zinc. La conductividad térmica tiene un efecto directo en la eficiencia de la transferencia de calor, en cuanto mayor sea este valor es mejor.

3.8.2.1.3 Resistencia a la corrosión

Todos los productos alimenticios son ligeramente ácidos. El aluminio es más resistente a la corrosión que el acero galvanizado, cuando se expone al ácido acético y ácido cítrico (productos lácteos, productos cítricos), ácidos grasos (agentes anticoagulantes, lubricantes) y ácido láctico (pan, dulces, bebidas, fermentación, sangre).

El aluminio es más resistente a la corrosión que el acero galvanizado en presencia de cloruro de sodio (conservación de carnes y vegetales) y bióxido de sulfuro (almacenamiento de uvas). Ni el acero galvanizado ni el aluminio se recomiendan para su exposición a los nitritos (carnes curadas y ahumadas). El acero inoxidable es el material más sugerido para usarse en presencia de nitritos.

Generalmente hablando, el aluminio es un mejor metal que el acero galvanizado para usarse donde hay una preocupación respecto a la corrosión debida al contacto con la mayoría de los productos alimenticios.

3.8.2.1.4 Facilidad de limpieza

La facilidad de limpieza del equipo en las empresas procesadoras de alimentos, incluyendo los evaporadores, ha sido un tema cuya importancia ha crecido. La contaminación bacteriológica debe ser removida con una limpieza regular y ubicar donde puede acumularse para así poder minimizarla.

La superficie lisa y dura del aluminio son ideales para una limpieza eficiente en equipos de procesamiento de alimentos y en las instalaciones. La superficie áspera y porosa del acero galvanizado puede presentar dificultades en su limpieza para los operadores en instalaciones donde la operación libre de bacterias es un factor crítico.

Otro tema relevante es el efecto de diferentes agentes de limpieza sobre el aluminio y el acero galvanizado. Hay cuatro tipos básicos de agentes de limpieza en la industria procesadora de alimentos.

- ❖ Ácido.
- ❖ Fuertemente Alcalino.
- ❖ Medianamente Alcalino.
- ❖ A base de cloro.

Tanto el aluminio como el acero galvanizado son atacados por los agentes ácidos, los agentes fuertemente alcalinos y el cloro.

3.8.3 Aislante térmico

Es el que controla las pérdidas de calor que se producen por las paredes en el interior de la cámara, por esto se aplica lana de vidrio por ser un elemento disponible en el mercado y sobretodo económico, se aplica para hornos sometidos a temperaturas no mayores a 400°C.

La lana de vidrio es un material incombustible, liviano, de origen inorgánico, dimensionalmente estable, no crea bacterias y hongos, se instala rápidamente, resiste vibraciones sin deformarse ni desintegrarse y no produce corrosión sobre los materiales.

Se tiene que las características de la lana de vidrio son [6]:

$$\rho_a=17,3\text{kg/m}^3$$

$$k_1=0,037\text{kcal/hr.m.}^\circ\text{C}$$

Temperatura de utilización: 538°C.

Se tiene que el espesor en donde se va a ubicar la lana de vidrio es de 0,05m.

CAPÍTULO IV

4 REDISEÑO MECÁNICO

Para el rediseño mecánico se toma en cuenta las necesidades actuales puesto que hay muchas modificaciones que se deben hacer con respecto a los sistemas y mecanismo especificados.



Figura 4.1. Tostadora antes y después del rediseño.

4.1 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación que tiene la máquina es muy adecuado para la función deseada y tomando en cuenta que se encuentra en buenas condiciones se optó por conservarlo, cabe señalar que como la máquina estuvo sin funcionar un tiempo se procedió a realizar un mantenimiento a todo el sistema, esto permite que el sistema funcione correctamente y no haya ningún problema al realizar el proceso de tostado.

El mecanismo de alimentación consta de una palanca con una compuerta redonda acoplada al motor-reductor mediante una unión directa a la salida del mismo, este sistema se indica en la (Figura 4.2).

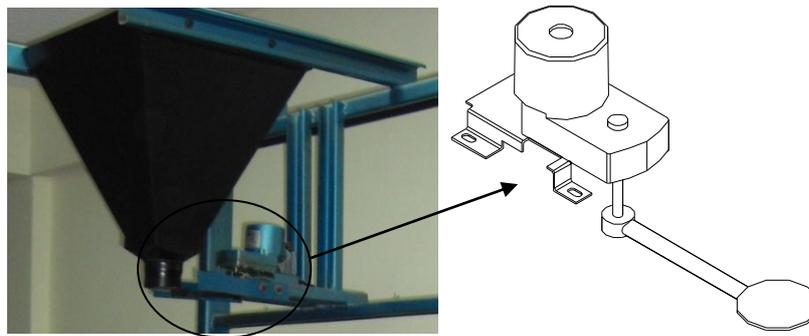


Figura 4.2. Sistema de alimentación.

El mecanismo de alimentación funciona con un sistema eléctrico interno de inversión de giro del motor que es controlado con el PLC.

4.1.1 Fase de alimentación

Para esto se tiene un motor eléctrico, en el cual se tiene un sistema de tolva y compuerta, su consumo de energía es bajo, lo cual favorece no solo en el ahorro de energía sino también en el factor económico.

En la fase de alimentación de la máquina se tienen los siguientes elementos:

- ❖ Una tolva para cargar el producto.
- ❖ Un soporte para la tolva.
- ❖ Un mecanismo de alimentación desde la tolva hacia el bombo.

4.1.2 Carga y descarga del producto

La carga se realiza mediante un embudo, el producto pasa del depósito al tambor de tostado mediante una tapa que se abre y cierra automáticamente mediante un PLC, con un tiempo determinado para cada tipo de grano, en este caso maní, café y cacao.

Para la descarga del producto se tiene un embudo que permite la caída del producto al bombo del horno este embudo se indica en la (figura 4.3):

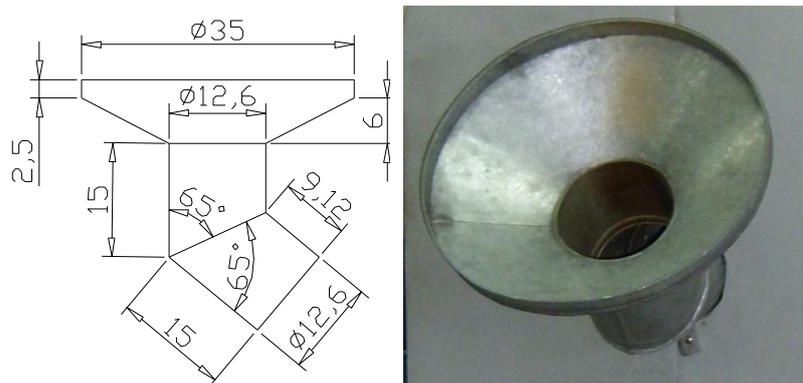


Figura 4.3. Dimensiones del embudo.

Las medidas de este embudo están en base a las dimensiones de la tapa del horno, la altura entre el horno, la compuerta de y la posición de alimentación.

4.1.2.1 Fase de descarga

Para la salida del producto ya tostado sea este maní, café o cacao se debe girar el conjunto horno bombo en este caso hasta permitir que se ubique 130° con respecto a la posición de alimentación, esto ayuda que el producto ya tostado caiga con facilidad a un recipiente previamente ubicado para la descarga, este recipiente está fabricado en madera prefabricada MDF, cabe señalar que el recipiente utilizado es el mismo que se tiene en la máquina puesto que se encuentra en perfectas condiciones y va a ser de gran utilidad, el recipiente se observa en la (figura 4.4).



Figura 4.4. Depósito de descarga de producto tostado.

4.2 Sistema horno

4.2.1 Sistema de transmisión de movimiento del horno y bombo

Para el horno se dispone de un sistema de transmisión por engranajes, esto es debido al espacio físico que se tiene, además con esto se obtiene una relación de velocidad constante, su mantenimiento es muy fácil y su costo es bajo lo cual resulta económico.

En la transmisión del bombo se dispone un sistema de acoplamiento directo entre el eje del bombo y el motor-reductor, el cual consta de una chaveta y un chavetero, con este sistema se ahorra espacio y longitud del eje del bombo, también el acoplamiento da un mejor agarre para la transmisión del movimiento, con esto se evita el juego y la vibración entre el motor-reductor con el eje del bombo.



Figura 4.5. Ensamble motor-reductor bombo anterior.

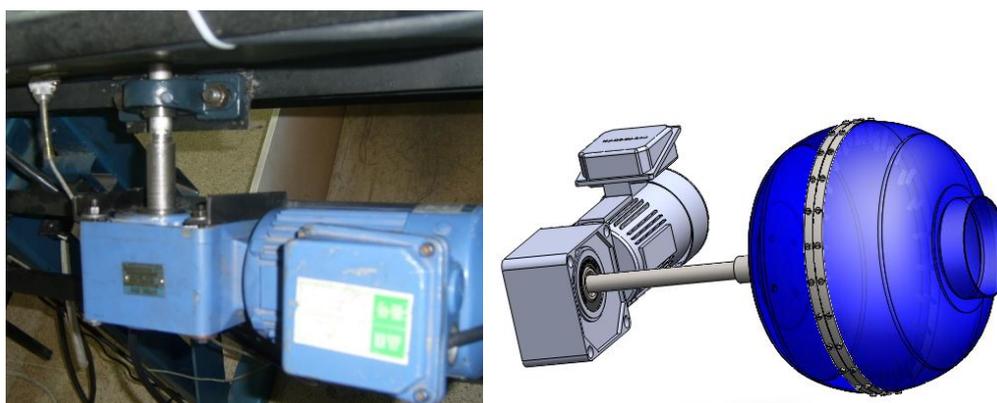


Figura 4.6. Ensamble motor-reductor bombo actual.

Para el sistema de transmisión de movimiento del horno se procede al diseño de una estructura metálica en la cual se acoplan 2 ejes uno en cada lado y ubicados en el centro de gravedad de la estructura, la misma que acoge exactamente al horno y sujeta

por 4 pernos en la parte inferior del horno; sobre la misma estructura se apoya el motor-reductor que mueve al bombo.



Figura 4.7. Estructura y eje anterior.



Figura 4.8. Estructura y ejes actuales.

Los ejes están diseñados para soportar el peso del conjunto estructura, horno, bombo, motor-reductor y el producto a tostar; uno de los ejes contiene un piñón que se engrana con un tornillo sin fin que recibe el movimiento de un moto variador de baja velocidad y alto torque, que hace girar el conjunto donde se encuentre el horno, para conocer mejor estos motores se describirá cada uno dando sus características.



Figura 4.9. Acople piñón-tornillo sin fin.

4.2.1.1 Bombo

El bombo está formado por 2 semiesferas de aluminio de 30cm de diámetro, las cuales están unidas por una cinta de acero inoxidable mediante pernos como se indica en la (figura 4.10).



Figura 4.10. Bombo anterior y actual.

El material del bombo fue seleccionado por su peso y por la gran transmisión de calor que posee, lo cual permite disminuir el tiempo de tostado y obtener un producto de buena calidad y tostado adecuado.

4.2.2 Motor-reductor del bombo

De acuerdo a los cálculos para la determinación de la masa de cada uno de los productos a tostar, incluyendo aún la masa del bombo se determina la carga total que va soportar el eje y por ende el torque necesario para la selección del motor, se considera adecuado seleccionar un motor trifásico con las siguientes características:

- ❖ Marca: Neo Hyponic

- ❖ Potencia: 0,5 HP
- ❖ Voltaje: 220V
- ❖ Frecuencia: 60Hz
- ❖ Velocidad: 1500rpm
- ❖ Relación de transmisión: 1:15



Figura 4.11. Motor- reductor del bombo.

Se seleccionó este tipo de motor-reductor por sus características del motor eléctrico y su reductor, lo cual resulta útil para la aplicación en la que se va utilizar, además el tamaño del mismo es muy adecuado y el eje del bombo se acopla directamente con una chaveta lo cual da mayor comodidad y ahorro de espacio.

4.2.3 Mecanismo de cierre y apertura de la tapa del horno

Se dispone de un mecanismo manual que cambia la forma de la apertura por bisagras por un mecanismo de correderas, para ello se tiene la tapa dividida en dos partes que se deslizan horizontalmente sobre el horno; Este sistema de correderas está acoplado en el horno y en las puertas del mismo, el cual permite un adecuado y fácil desplazamiento de cierre y apertura.



Figura 4.12. Mecanismo anterior de cierre y apertura de la tapa del horno.

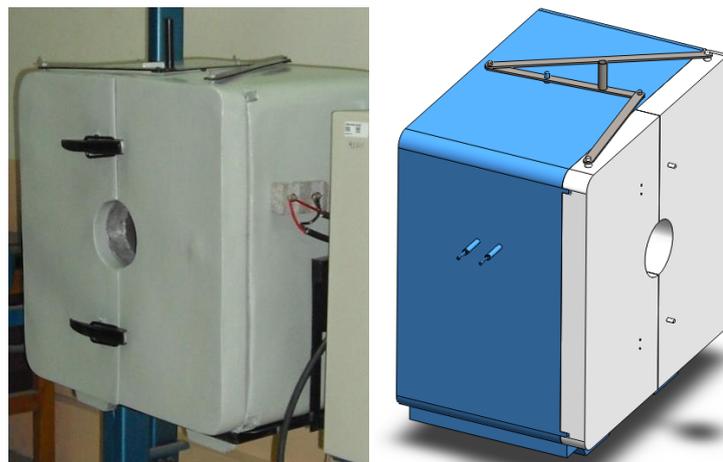


Figura 4.13. Mecanismo actual de cierre y apertura de la tapa del horno.

Para que las tapas se desplacen igualmente mientras se abre o cierra el horno se dispone de un mecanismo manual el cual consta de 3 brazos y una palanca de mando de apertura y cierre de la puerta, este sistema es similar al de las plumas de limpieza del parabrisas de un automóvil.

4.2.4 Sistema de cierre y apertura de postura del horno

Para la postura del horno la máquina consta de 2 finales de carrera, el primero que se encuentra en la parte superior permite que el horno se ponga en postura de descarga del producto a tostar, y luego inicie el proceso de tueste, que va a seguir de acuerdo a los parámetros seleccionados para cada producto, los cuales van a ser controlados con el PLC instalado en la caja de mando de la máquina.

El segundo final de carrera ubicado en la parte inferior de la máquina permite llegar al final del proceso y que el horno se ubique en postura de descarga del producto ya tostado en el recipiente previamente ubicado.

Luego de este proceso el horno se ubica nuevamente en postura de alimentación del producto, y luego se repite nuevamente la secuencia.

4.3 Sistema de control

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

Estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador pasivo que controla una determinado sistema ya sea eléctrico, mecánico, etc. Con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de Controladores de Automatización Programables.

El sistema de control de la máquina tostadora cuenta con los elementos básicos para el proceso de un producto.

En la (figura 4.14) se muestra el control anterior el cual tiene como dispositivos principales un PLC, contactores, relés y botoneras.

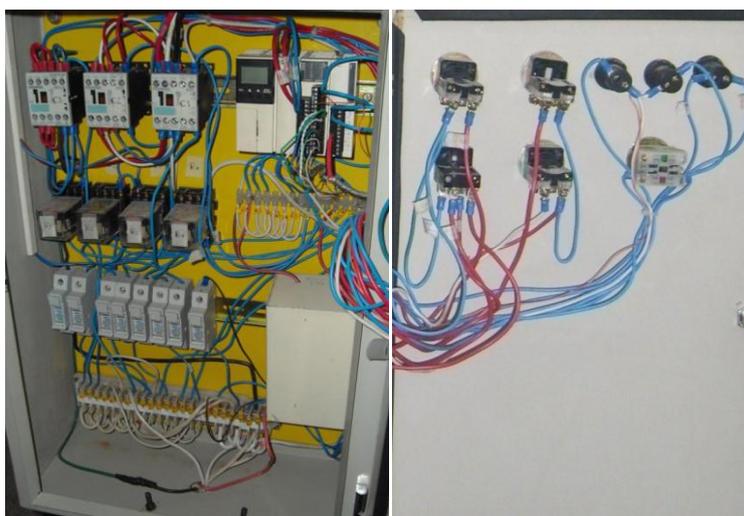


Figura 4.14. Sistema de control anterior.

Para cumplir los objetivos del proyecto se modifica el control para que realice varios procesos en los que se debe implementar un variador de frecuencia, timers,

selector de 4 posiciones y relés; con la ayuda estos elementos se varían los parámetros que satisfacen todas las necesidades de tostado.

En la (figura 4.15) se muestran los cambios realizados en el control actual.

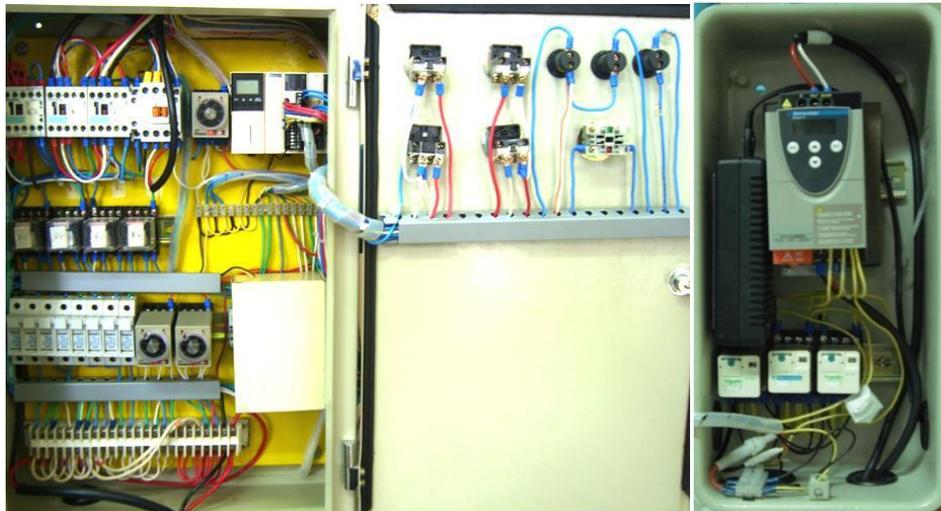


Figura 4.15. Sistema de control actual.

Los parámetros que se modifican para cada producto son el tiempo, la temperatura de tostado y la velocidad de giro del bombo; los dos primeros se configuran programando el plc twido, empleando el lenguaje grafcet y el diagrama de escaleras ladder que se explica en el capítulo siguiente, el último parámetro necesita de la instalación eléctrica de los elementos anteriormente mencionados.

4.4 Control de velocidades para distinto producto a tostar

El control de velocidades para diferente producto a tostar se realiza mediante un variador de frecuencia que permite variar la frecuencia del motor eléctrico ubicado en el subsistema del bombo, con lo que se cambia la velocidad de acuerdo al tipo de producto que se seleccione mediante un selector de cuatro posiciones que se encuentra en el tablero de control, el producto puede ser maní, café o cacao.

4.4.1 Descripción del variador de frecuencia y sus características

Se dispone de un variador de frecuencia modelo ALTIVAR 11 de la marca Telemecanique V1.2 de 3 velocidades más giro invertido, el Altivar 11 está configurado de fábrica para las condiciones de uso más habituales.

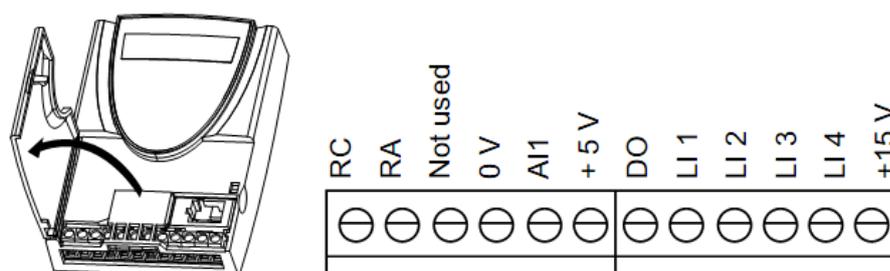


Figura 4.16. Sistema de control.

❖ Entradas lógicas:

- LI1, LI2 (2 sentidos en marcha): control 2 hilos en la transición, LI1 = marcha adelante, LI2 = marcha atrás.
- LI3, LI4: 4 velocidades preseleccionadas (velocidad 1 = consigna de velocidad o LSP, velocidad 2 = 10Hz, velocidad 3 = 25Hz, velocidad 4 = 50Hz).

❖ Entrada analógica AI1: consigna de velocidad (0 + 5V).

❖ ReléR1: el contacto se abre en caso de fallo (o si el variador está sin tención).

❖ Salida DO: salida analógica, refleja la frecuencia del motor.

Si la configuración de fábrica no es adecuada, el menú FUN permite modificar las funciones y las asignaciones de las entradas y salidas.

4.4.1.1 Aplicaciones

El Altivar 11 es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos de jaula, de potencia comprendida entre 0,18 kW y 2,2 kW.

Están disponibles tres tipos de alimentación:

- ❖ 100 V a 120 V monofásica.
- ❖ 200 V a 240 V monofásica.
- ❖ 200 V a 230 V trifásica.

El Altivar 11 integra características específicas de los mercados: europeo (gama E), americano (gama U) y asiático (gama A) e incluye funciones que responden a las aplicaciones más corrientes, concretamente:

- ❖ Mantenimiento horizontal (cintas transportadoras pequeñas, etc.).
- ❖ Ventilación, bombeo, controles de acceso, puertas automáticas.
- ❖ Máquinas especiales (mezcladoras, lavadoras, centrifugadoras...).



Figura 4.17. Variador de frecuencia.

4.4.1.2 Funciones

Las principales funciones integradas en el variador Altivar 11 son las siguientes:

- ❖ Arranque y variación de velocidad.
- ❖ Inversión del sentido de marcha.
- ❖ Aceleración, deceleración, parada.
- ❖ Protecciones motor y variador.
- ❖ Mando 2 hilos / 3 hilos.
- ❖ 4 frecuencias preseleccionadas.
- ❖ Memorización de la configuración en el variador.
- ❖ Inyección de corriente continua en la parada.

- ❖ Conmutación de rampa.
- ❖ Recuperación al vuelo.
- ❖ Mandos locales (gama A únicamente).

Se pueden asignar varias funciones a una misma entrada lógica.

4.4.2 Función del relé

Para utilizar las frecuencias preseleccionadas del variador se utilizan tres relés de 4 contactos internos los que fueron ordenados y arreglados para que ejecuten una frecuencia, las características técnicas son:

- ❖ Voltaje: 24 - 240 V
- ❖ Pines: 8
- ❖ Frecuencia: 60 Hz
- ❖ Marca: Telemecanique
- ❖ Modelo 1017B

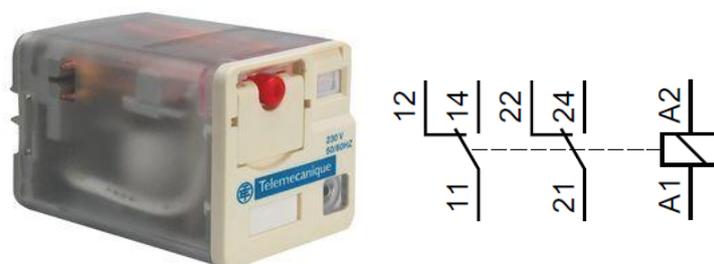


Figura 4.18. Relé.

4.4.3 Función del timer

El variador de frecuencia envía la orden al motor-reductor para que se encienda, para que ésta orden se ejecute se necesita 2 segundos después que VDF se halla energizado para lo cual se emplea un timer o microswich de tiempo que permite la alimentación de 24 V a los relés de configuración de frecuencia, las características técnicas son:

- ❖ Voltaje: 24 - 240 V
- ❖ Pines: 8
- ❖ Frecuencia: 60 Hz
- ❖ Marca: Camsco
- ❖ Modelo AH3

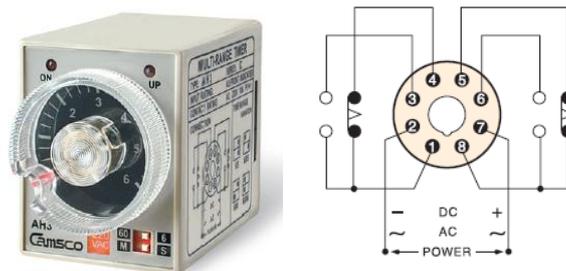


Figura 4.19. Timer.

4.4.4 Selector de 4 posiciones

Con el selector de posiciones se ingresa la entrada al plc del producto que se va a tostar, y sus características técnicas son:

- ❖ Voltaje: 24 - 240 V
- ❖ Posiciones: 4
- ❖ Frecuencia: 0 – 60 Hz
- ❖ Marca: Fastelec
- ❖ Modelo 27033074FT



Figura 4.20. Selector de 4 posiciones.

4.5 Movimiento del horno y del bombo

Una vez cargado el producto a tostar ya sea este maní, café o cacao en la tolva se realiza la siguiente secuencia:

- ❖ El horno debe estar en la posición de alimentación como se muestra en la (figura 4.21), esta posición es controlado por el final de carrera ubicado en la parte superior del horno (FC2), el cual debe estar presionado. Al seleccionar el tipo de producto a tostar mediante un selector de 4 posiciones y pulsar el botón de inicio de ciclo (ON) que se encuentran en el tablero de control se prende el motor-reductor de la tolva (M2) durante un tiempo T1, esto permite abrir la compuerta de la tolva.

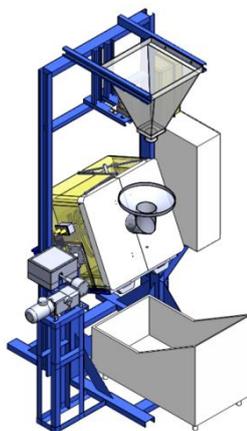


Figura 4.21. Posición de alimentación.

- ❖ El motor-reductor de la tolva (M2) permanece apagado durante un tiempo T2 suficiente para que caiga al horno la cantidad necesaria calculada para cada producto a tostar, en este caso la cantidad de maní, café y cacao determinado anteriormente.
- ❖ Transcurrido el tiempo T2 se prende nuevamente el motor-reductor de la tolva durante un tiempo T3, pero esta vez cierra la compuerta, de esta manera se controla la alimentación del horno. Los tiempos T1, T2 y T3 se obtuvieron experimentalmente.
- ❖ Una vez que exista la cantidad de maní establecida en el horno, se prende el motor del bombo (M3) y las resistencia (RS) para iniciar la fase de tostado.

- ❖ El control de temperatura se lo realiza por medio de una termocupla tipo T. Si la temperatura es mayor que 170 °C para el maní, 180 °C para el café y 120 °C para el cacao, la resistencia se apaga, al disminuir la temperatura hasta 160 °C, 170°C o 110°C respectivamente para cada producto la resistencia se prende nuevamente, esto se repite durante un tiempo de 40 minutos (T4) para el maní, 45 minutos (T5) para el café y 30 minutos (T6) para el cacao, necesarios para que el producto seleccionado logre un buen tostado, cabe destacar que esta selección se la realiza al inicio del proceso mediante el selector que se encuentra en el tablero de control.
- ❖ Cuando el producto esta tostado se apaga la resistencia y se prende un motor-variador (M1) que gira el horno para que se produzca la descarga. El horno gira hasta un ángulo de 130° con respecto a la posición de alimentación como se muestra en la (figura 4.22), este ángulo de giro se controla por medio de un final de carrera ubicado en la parte inferior del horno (FC1).

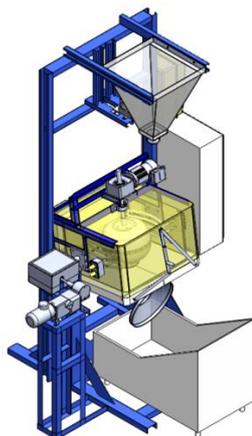


Figura 4.22. Posición de descarga.

- ❖ Al hacer contacto el final de carrera (FC1) el moto variador (M1) que gira el horno se detiene durante un tiempo (T7) que es el mismo para el maní, café y cacao, esto permite evacuar todo el producto tostado que se encuentra en el bombo del horno.
- ❖ Una vez transcurrido el tiempo (T7) se apaga el motor del bombo (M3) y se prende nuevamente el motor M1 pero esta vez gira en sentido contrario hasta que el horno llegue a la posición de alimentación para continuar nuevamente el ciclo.

- ❖ Se realizaran automáticamente 3 ciclos, esto debido a que la tolva está diseñada para una capacidad de 16 Kg. El control de la cantidad de ciclos se lo realiza por medio de un contador (C2).
- ❖ Si se desea terminar el ciclo se debe pulsar el botón fin de ciclo (OFF).

4.6 Movimiento de la tapa para la descarga del producto

- ❖ El horno debe estar en la posición de alimentación, esto se realiza mediante el movimiento del horno con el moto variador que cumple esta función, el motor gira en sentido horario hasta presionar un final de carrera (FC2), el cual se encuentra ubicado en la parte superior de la estructura del horno.
- ❖ Al pulsar el botón de inicio de ciclo (ON) que se encuentran en el tablero de control el programa da la orden y se prende el motor-reductor de la tolva (M1) durante un tiempo T1, esto permite abrir la compuerta de la tolva y descargar el producto hacia el bombo.
- ❖ El motor-reductor de la tolva (M1) permanece apagado durante un tiempo T2 suficiente para que caiga al horno la cantidad necesaria calculada para cada producto a tostar, en este caso la cantidad de maní, café y cacao determinado anteriormente.

Transcurrido el tiempo T2 se prende nuevamente el motor-reductor de la tolva durante un tiempo T3, pero esta vez cierra la compuerta, de esta manera se controla la alimentación del horno. Los tiempo T1, T2 y T3 son iguales a 1.1, 3.45, 1.1 para el maní, 1.1, 3.60, 1.1 para el café, y 1.1, 3.20, 1.1 para el cacao, todas estas medidas son en segundos, estos tiempos se obtuvieron experimentalmente con cada producto.

CAPÍTULO V

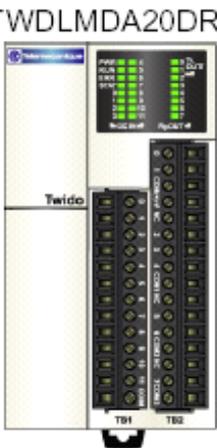
5 PROGRAMACIÓN SISTEMA DE CONTROL

5.1 Descripción del plc Twido y programa desarrollado para controlar el proceso

5.1.1 Características generales

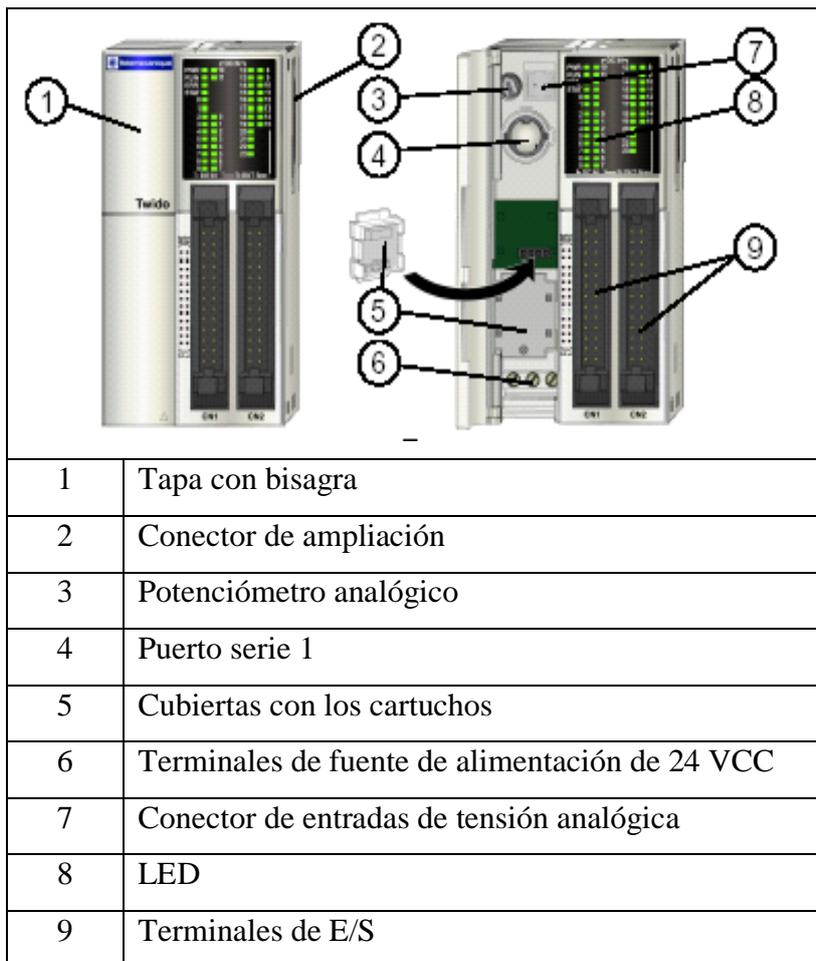
El PLC que existe en la Facultad de Mecánica de la ESPOCH es de tipo modular, marca Twido de la serie TWDLMDA 20 DRT, el cual tiene las siguientes características:

TABLA 5.1. CARACTERÍSTICAS DEL PLC TWIDO [7].

Entradas digitales	12	
Salidas digitales a relé	6	
Salidas digitales de común negativo de transistor.	2	
Entrada Analógica Integrada	1 (8 bits)	
Potenciómetro	1 (8 bits)	
Puerto serie integrado	1	
Nº Máximo de módulos de ampliación de E/S	7	
Nº Máximo de E/S (con ampliación)	244	
Nº Máximo de Salidas a Relé (con ampliación)	48	
Nº Máximo de puerto Serie	2	

5.1.2 Partes principales

La (tabla 5.2) se muestra las partes principales de un PLC Twido modular TWDLMDA 20 DRT.

TABLA 5.2. PARTES PRINCIPALES DEL PLC TWIDO [7].

5.1.3 Software de programación

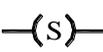
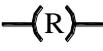
El programa para la configuración y programación de los PLCs Twido es el TwidoSuite, el mismo que utiliza los siguientes lenguajes de programación [7]:

- ❖ Diagrama de contactos o escalera (Ladder Logic).
- ❖ Lista de instrucciones.
- ❖ Grafcet.

5.1.4 Elementos gráficos e instrucciones utilizados en TwidoSoft

La (tabla 5.3) describe los elementos gráficos e instrucciones equivalentes, además las funciones que cumplen en la programación [7].

TABLA 5.3. ELEMENTOS GRÁFICOS E INSTRUCCIONES DE TWIDOSOFT [7].

Nombre	Elemento gráfico	Instrucción	Función
Contacto normal abierto		LD	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 1.
Contacto normal cerrado		LDN	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 0
Contacto para detectar un flanco ascendente		LDR	Flanco ascendente: detecta el cambio de 0 a 1 del objeto de bit de control.
Contacto para detectar un flanco descendente		LDF	Flanco descendente: detecta el cambio de 1 a 0 del objeto de bit de control.
Conector horizontal			Conecta en serie los elementos gráficos de prueba y acción entre dos barras potenciales
Conector inferior			Conecta los elementos de prueba y acción de forma paralela (conexión vertical)
Bobina directa		ST	El objeto de bit asociado toma el valor del resultado del área de prueba
Bobina negada		STN	El objeto de bit asociado toma el valor negado del resultado del área de prueba.
Establecer bobina		S	El objeto del bit asociado se establece en 1 cuando el resultado del área de prueba es 1
Restablecer bobina		R	El objeto de bit asociado se establece en 0 cuando el resultado del área de prueba es 1
Llamado de salto o	->>%Li	JMP	Se conecta una instrucción etiquetada

subrutina	->>%SRi	SR	ubicada delante o detrás.
Bobina de condición de transición	—(#)—		Proporcionado en lenguaje grafcet, se utiliza cuando la programación de las condiciones de transición asociadas a las transiciones provoca una inversión de corriente en el siguiente paso.
Retorno desde una subrutina.	<RET>	RET	Situado al final de las subrutinas para regresar al programa principal.
Detener programa	<END>	END	Define el final del programa.

5.1.5 Programa desarrollado para controlar el proceso

Se realizó aplicando dos lenguajes de programación de alto nivel como son el Grafcet y Ladder, para crear y ejecutar el programa el autómata se debe basar en las propiedades y reglas del grafcet [7].

5.1.5.1 Programación Grafcet

El Grafcet es un conjunto compuesto de etapas, transiciones, receptividades y acciones asociadas a la etapa.

Etapa.- Se caracteriza por un comportamiento invariable en una parte o en la totalidad de la parte de mando.

Transición.- Una transición indica la posibilidad de evolución entre etapas. Esta evolución se consuma al producirse el **franqueo** de la **transición**. El franqueo de una transición provoca el paso en la parte de mando de una situación a otra situación.

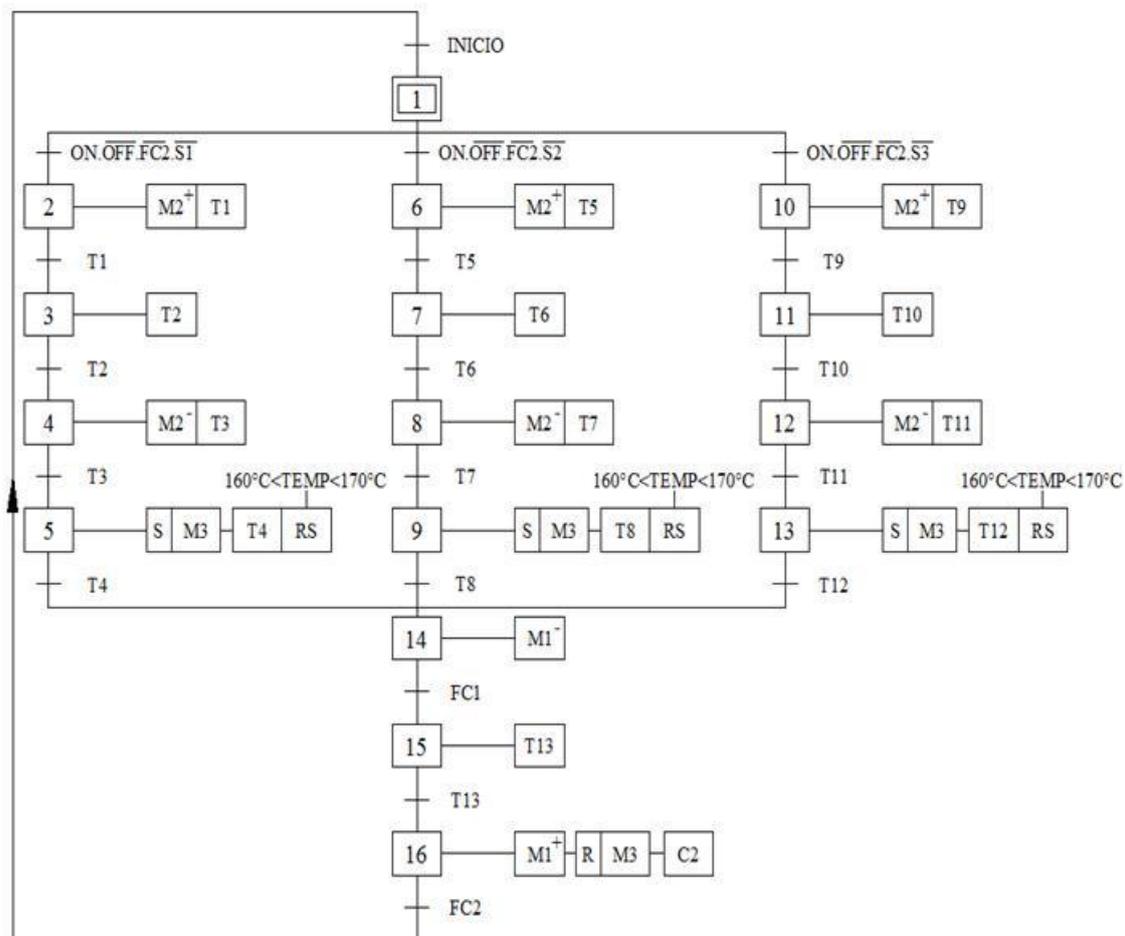


Figura 5.1. Esquema de programación Grafcet.

Receptividad.- Agrupa solamente aquellas que son necesarias para el franqueo de la transición. La receptividad es función de informaciones externas (entradas) o internas (estado de contadores, temporizadores, estados activos o inactivos de otras etapas).

Acción asociada a la etapa.- Las acciones están descritas, literal o simbólicamente, en el interior de uno o varios rectángulos unidos al símbolo de la etapa a la que van asociados.

5.1.5.1.1 Ecuaciones booleanas asociadas a cada etapa

Se puede transformar de lenguaje grafcet a lenguaje de contactos utilizando las ecuaciones booleanas asociadas a cada etapa del grafcet.

$$E1 = (INICIO + FC2.E16 + E1).\overline{E2}.\overline{E6}.\overline{E10}$$

$$E2 = (ON \cdot \overline{OFF} \cdot E1 \cdot \overline{FC2} \cdot \overline{S1} + E2) \cdot \overline{E3}$$

$$E3 = (T1 \cdot E2 + E3) \cdot \overline{E4}$$

$$E4 = (T2 \cdot E3 + E4) \cdot \overline{E5}$$

$$E5 = (T3 \cdot E4 + E5) \cdot \overline{E14}$$

$$E6 = (ON \cdot \overline{OFF} \cdot E1 \cdot \overline{FC2} \cdot \overline{S2} + E6) \cdot \overline{E7}$$

$$E7 = (T5 \cdot E6 + E7) \cdot \overline{E8}$$

$$E8 = (T6 \cdot E7 + E8) \cdot \overline{E9}$$

$$E9 = (T7 \cdot E8 + E9) \cdot \overline{E14}$$

$$E10 = (ON \cdot \overline{OFF} \cdot E1 \cdot \overline{FC2} \cdot \overline{S3} + E10) \cdot \overline{E11}$$

$$E11 = (T9 \cdot E10 + E11) \cdot 12$$

$$E12 = (T10 \cdot E11 + E12) \cdot 13$$

$$E13 = (T11 \cdot E12 + E13) \cdot \overline{E14}$$

$$E14 = (E5 \cdot T4 + E9 \cdot T8 + E13 \cdot T12 + E14) \cdot E15$$

$$E15 = (E14 \cdot FC1 + E15) \cdot \overline{E16}$$

$$E16 = (T13 \cdot E15 + E16) \cdot \overline{E1}$$

Ecuaciones de memorias.

$$M2 = T1$$

$$M3 = T2$$

$$M4 = T3$$

$$M6 = T5$$

$$M7 = T6$$

$$M8 = T7$$

$$M10 = T9$$

$$M11 = T10$$

$$M12 = T11$$

$$M15 = T13$$

Ecuaciones de salida.

$$Q0,2=M14$$

$$Q0,3=M16$$

$$Q0,4=M5+M9+M13$$

$$Q0,5=M2+M6+M10$$

$$Q0,6=M5+M9+M13$$

$$Q0,7=M4+M8+M12$$

5.1.5.2 Programación Ladder

El lenguaje de programación Ladder es el resultado de la interpretación de las ecuaciones booleanas determinadas a partir del lenguaje Grafcet.

A continuación se indica la interpretación de una ecuación booleana (Figura 5.2.).

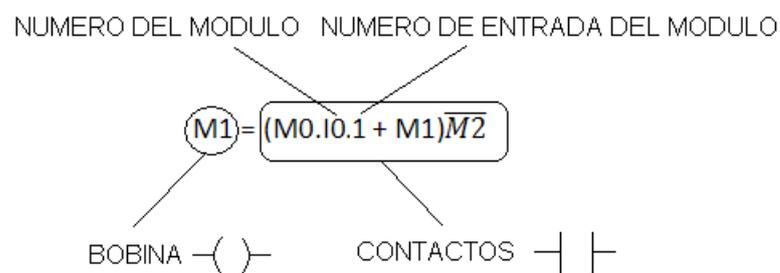


Figura 5.2. Interpretación ecuación booleana.

Para que se dé la etapa actual “M1” se necesita “=” (“que se haya dado la etapa anterior “M0” y “.” Las condiciones anteriores “I0.1” ó “+” a su vez que se esté dando la etapa actual “M1” siempre y cuando todo “)” esto se dé sin “negación: barra sobre la etapa” que se haya cumplido la etapa siguiente “ $\overline{M2}$ ”.

Es así que en el (Anexo 1) se observa el esquema de programación Ladder.

CAPÍTULO VI

6 SIMULACIÓN

6.1 Generalidades

La simulación de la máquina se ha tomado como un punto importante de este proyecto, la misma que se realizó con las dimensiones reales a fin de modificar virtualmente antes de ejecutarlo en el horno propiamente, empleando el software SOLIDWORKS 2010, el cual brinda muchas ventajas respecto a otros programas de diseño mecánico.

6.2 Software para el diseño mecánico

En la actualidad existen muchos programas “Software” que permiten la simulación del diseño mecánico en el ordenador, para esto es necesario conocer y entender muchos términos y tendencias actuales de los sistemas CAD/CAE/CAM.

CAD: Diseño asistido por computadora u ordenador.

CAM: Fabricación asistida por ordenador.

CAE: Ingeniería asistida por computador.

6.2.1 Sistema CAD

“Computer Aided Design”, diseño asistido por computador. La tecnología CAD se dirige a los centros técnicos y de diseño de una amplia gama de empresas: sector metalmecánico, ingeniería electrónica, sector alimenticio, textil y otros.

Las mejoras que se alcanzan con el sistema CAD son:

- ❖ La representación gráfica del objeto diseñado: con el CAD el modelo puede aparecer en la pantalla como una imagen realista, en movimiento, y observable desde distintos puntos de vista. Cuando se desee, un dispositivo de impresión (plotter) proporciona una copia en papel de una vista del modelo geométrico.
- ❖ El proceso de diseño: se pueden visualizar detalles del modelo, comprobar colisiones entre las piezas, interrogar sobre distancias, pesos, inercias, etc. En

conclusión, se optimiza el proceso de creación de un nuevo producto reduciendo costes, ganando calidad y disminuyendo el tiempo de diseño.

6.2.2 Sistema CAM

“Computer Aided Manufacturing”, fabricación asistida por computadora. La ingeniería CAM hace referencia concretamente a aquellos sistemas informáticos que ayudan a generar los programas de control numérico necesarios para fabricar las piezas en máquinas con CNC. A partir de la información de la geometría de la pieza, del tipo de operación deseada, de la herramienta escogida y de las condiciones de corte definidas, el sistema calcula las trayectorias de la herramienta para conseguir el mecanizado correcto, y a través de un post-procesado genera los correspondientes programas de CN con la codificación específica del CNC donde se ejecutarán. En general, la información geométrica de la pieza proviene de un sistema CAD, que puede estar o no integrado con el sistema CAM. Si no está integrado, dicha información geométrica se pasa a través de un formato común de intercambio gráfico. Como alternativa, algunos sistemas CAM disponen de herramientas CAD que permiten al usuario introducir directamente la geometría de la pieza, si bien en general no son tan ágiles como las herramientas de un sistema propiamente de CAD.

6.2.3 Sistema CAE

“Computer Aided Engineering”, ingeniería asistida por computadora, dispone de programas que permiten calcular cómo va a comportarse la pieza en la realidad, en aspectos tan diversos como deformaciones, resistencias, características térmicas, vibraciones, etc.

Mediante éste método, por ejemplo, se podrá determinar qué grosor de material es necesario para resistir cargas de impacto especificadas en normas, o bien conservando un grosor, analizar el comportamiento de materiales con distinto límite de rotura. Otra aplicación importante de estos sistemas en el diseño de moldes es la simulación del llenado del molde a partir de unas dimensiones de éste dadas, y el análisis del gradiente de temperaturas durante el llenado del mismo.

La realización de todas estas actividades CAE dependerá de las exigencias del diseño.

6.3 Programas CAD

Como habíamos mencionado anteriormente en la actualidad existen muchos software para el diseño mecánico entre los más importantes tenemos los siguientes:

- ❖ Visual Nastran 4D
- ❖ SolidWorks Premium
- ❖ AutoCAD
- ❖ Workingmodel 2D y 3D
- ❖ Inventor
- ❖ IronCAD
- ❖ Catia
- ❖ Visualmil
- ❖ Rinhocero

Para la simulación se utilizará el software SolidWorks 2010 de la compañía del mismo nombre, este programa es la mejor opción para la simulación de la máquina debido que la interfaz es la más amigable al usuario, esta es una de las ventajas que presenta el software; para mejor estudio se lo describirá a continuación:

6.4 SolidWorks Premium 2010



Figura 6.1. SolidWorks Premium 2010

El software innovador SolidWorks es el estándar en diseño mecánico en 3D, SolidWorks ofrece las mejores funciones de modelado sólido, dibujos 2D y análisis de diseño del mercado, además de innovaciones que le permiten ahorrar más tiempo que con cualquier otro sistema CAD 3D.

6.4.1 Perspectiva general de la interfaz de SolidWorks

Estos son los elementos principales de la interfaz del usuario de SolidWorks.

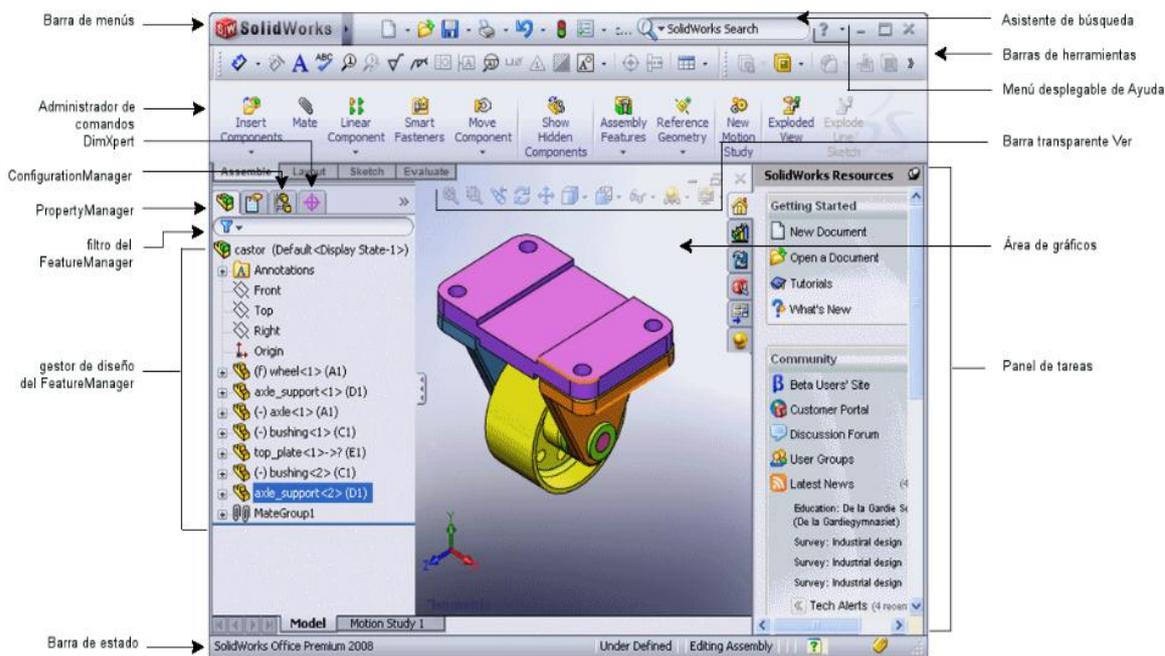


Figura 6.2. Página de inicio de SolidWorks Premium 2010

Barra de menús.- Tiene un conjunto de los botones de herramientas utilizados con mayor frecuencia en la barra de herramientas Estándar.

Administrador de comandos.- Es una barra de herramientas sensible al contexto que se actualiza dinámicamente en función de la barra de herramientas a la que desee acceder. De forma predeterminada, tiene barras de herramientas incrustadas en función del tipo de documento y se actualiza para mostrar la barra de herramientas correspondiente. Por ejemplo, si hace clic en la pestaña croquis, aparece la barra de herramientas croquis.

ConfigurationManager.- Está situado a la izquierda de la ventana de SolidWorks y proporciona un medio para crear, seleccionar y ver múltiples configuraciones de piezas y ensamblajes en un documento.

PropertyManager.- Aparece en la pestaña del panel situado a la izquierda de la zona de gráficos. Se abre al seleccionar entidades o comandos específicos.

Gestor de diseño de FeatureManager.- Situado a la izquierda de la ventana de SolidWorks, proporciona un esquema de la pieza, el ensamblaje o el dibujo activo. Esto

le hace más fácil visualizar la construcción del modelo o ensamblaje o examinar las varias hojas y vistas en un dibujo, además el gestor de diseño del FeatureManager y la zona de gráficos están enlazados de forma dinámica. Puede seleccionar operaciones, croquis, vistas de dibujos y geometrías constructivas en cualquiera de los dos paneles.

Asistente para búsqueda.- Está disponible en SolidWorks y en SolidWorks Explorer para buscar nombres de archivo y cadenas de texto en todos los documentos indexados.

La barra de estado.- De la parte inferior de la ventana de SolidWorks proporciona información relacionada con la función que esté realizando.

El Panel de tareas.- Aparece automáticamente cuando se abre el software de SolidWorks y contiene las siguientes pestañas: recursos de SolidWorks, biblioteca de diseño, explorador de archivos, buscar, paleta de visualización, recuperación de documentos, apariencias y propiedades personalizadas.

Barras de herramientas.- Disponibles para la mayoría de herramientas de SolidWorks y también para los complementos. Las barras de herramientas etiquetadas le ayudan a realizar tareas de diseño específicas como aplicación de superficies o dibujo de curvas, dado que el administrador de comandos contiene las herramientas utilizadas con mayor frecuencia para el documento seleccionado, las barras de herramientas están desactivadas de forma predeterminada.

6.4.2 ¿Cómo empezar un proyecto en SolidWorks?

Se debe tener en cuenta que para empezar un proyecto en SolidWorks, previamente se considerará un esquema a mano alzada el cual ayudará a visualizar mejor la máquina que se va a diseñar.

SolidWorks al ser iniciado presenta una ventana clásica que pide seleccionar el tipo de trabajo que se pretenda realizar.

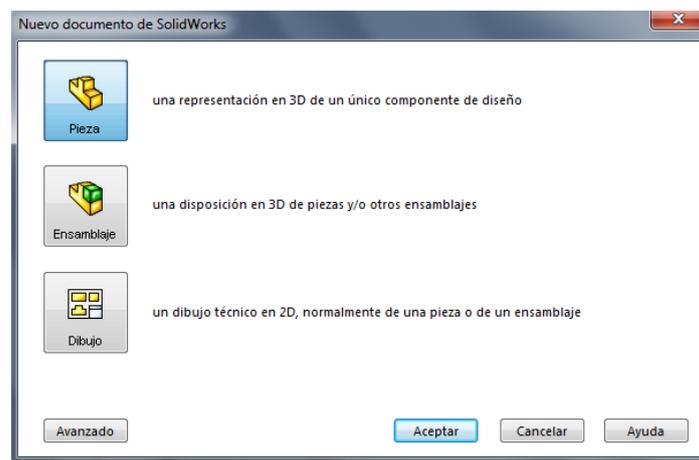


Figura 6.3. Página de inicio de SolidWorks Premium 2010.

Pieza.- Esta opción permite la construcción de las partes por separado, esto quiere decir que se hacen los elementos de la máquina uno por uno, para lo cual se elegirá ésta operación para iniciar el proyecto.

Ensamblaje.- Esta operación se emplea después que se tengan hechos todos los elementos de la máquina en “Pieza” para luego importarlos a la ventana de ensamblaje para ser unidos.

Dibujo.- La tercera opción brinda la oportunidad de realizar una presentación en 2 dimensiones del proyecto realizado en 3 dimensiones ya sea de la máquina ensamblada o de algún elemento específico, en conclusión con la ayuda esta operación se presentaran lo planos del proyecto.

Al abrir un documento de pieza nuevo, primero se crea un croquis. El croquis es la base para un modelo 3D. Puede crear un croquis en cualquiera de los planos predeterminados (**plano alzado, plano planta y plano vista lateral**) o en un **plano creado**.

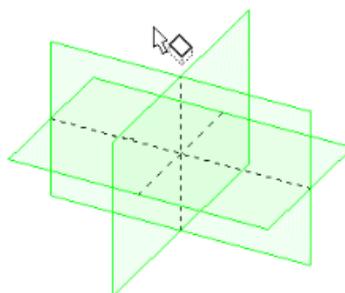


Figura 6.4. Planos de SolidWorks.

6.4.3 Herramientas de SolidWorks

Las herramientas más utilizadas en el software SolidWorks para la construcción de elementos mecánicos para la primera opción “pieza” son los siguientes:

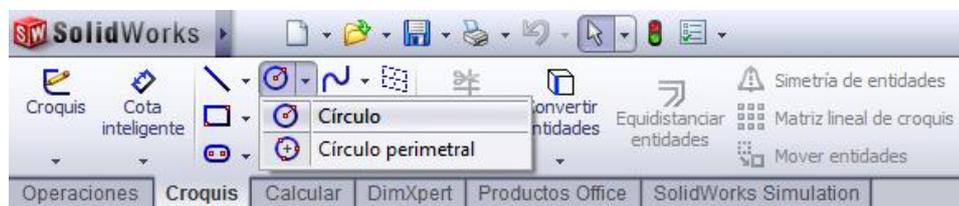


Figura 6.5. Barra de comandos de SolidWorks.

6.4.3.1 Herramientas de croquizado



Figura 6.6. Croquis.

Con estas herramientas se puede formar contornos de cualquier tipo que luego van hacer transformados en volúmenes o sólidos que muestran el elemento mecánico.

Al formar un contorno se tiene que definirlo, para ello hay que dimensionarlo acotándolo y se verifica al visualizar el cambio del color del perfil de la entidad formada de azul a negro, si al acotar el contorno no se define se recomienda dar clic izquierdo sobre una línea del contorno y anclarla.

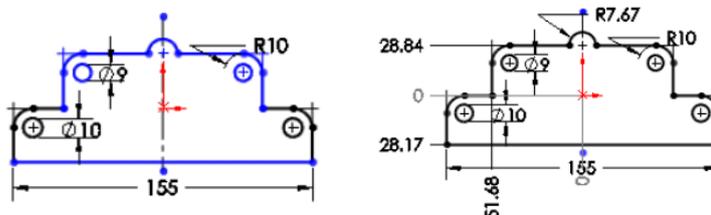


Figura 6.7. Ejemplo de contorno.

6.4.3.2 Herramientas de operaciones



Figura 6.8. Operaciones.

El comando “operaciones” transforma los contornos creados con las herramientas de croquizado en volúmenes o sólidos; el administrador de propiedades de estos botones son bastante similares entre ellos y es muy exigente en los parámetros que pide para la construcción de una pieza.

Las operaciones son compatibles con la funcionalidad pieza. Por tanto, se pueden incluir operaciones extruir, revolución, recubrimiento o barrido independientes dentro del mismo documento de pieza

También es bien importante saber que cuando se crea una pieza cada una de las caras que la conforman, pasan a ser un plano diferente que puede ser utilizado para crear croquis e ir adhiriendo un sólido respecto a otro.

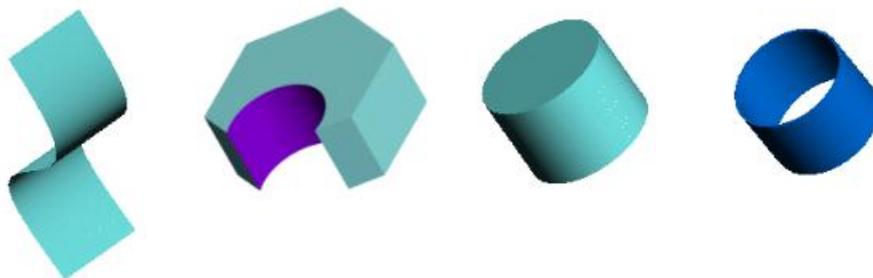


Figura 6.9. Ejemplo de extrucción.

PropertyManager “administrador de propiedades”

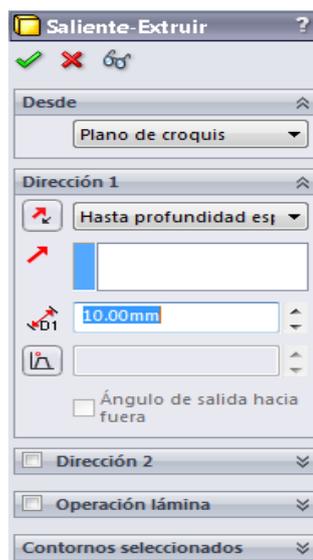


Figura 6.10. Administrador de propiedades.

Desde.- es la especificación que indica de donde se produce la operación de extrucción.

Dirección.- configura hacia dónde va la operación, como se tiene “dirección 1 y 2” esto indica por ejemplo si en la dirección 1 va hacia el lado izquierdo entonces la dirección 2 va al lado derecho respecto al croquis o contorno; también en cada una de las direcciones se determina la dimensión de la operación.

Operación lamina.- al activar esta operación se logra que de el contorno que se tiene se cree un espesor, el cual también es definido por el usuario.

6.4.3.3 Herramientas de cotas/relaciones



Figura 6.11. Cotas/relaciones.

Estas herramientas sirven para realizar las acotaciones de un contorno; ésta operación determina automáticamente que tipo de línea o curva que se esté dimensionando y se aplica en la opción “pieza” y “dibujo” para los planos.

Ejemplo.

Con el contorno listo en el editor de croquis se presiona el boton de “cota inteligente”, seguido de la selección de la entidad que se desee dimensionar.

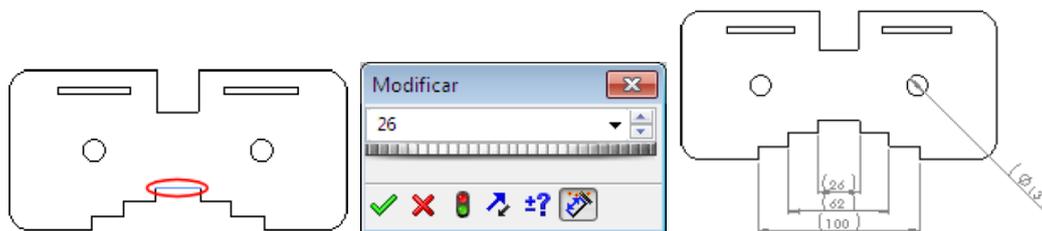


Figura 6.12. Cota inteligente.

Cuando se ha terminado la operación se procede a presionar el visto verde para aceptar la operación.

6.5 Elementos de la máquina rediseñados en SolidWorks

Aprovechando las herramientas que ofrece el SolidWorks, se empieza a rediseñar todos los elementos que conforman el sistema de tostado; que contempla el horno, puerta, soporte, ejes y bombo.

Las partes existentes se construyen con las medidas originales para luego producirles las modificaciones que ayuden a cumplir los objetivos planteados.

6.5.1 El horno

Es un conjunto de elementos que consta de seis partes las cuales se modificaron para una mejor ejecución del mantenimiento, los cambios realizados fueron los siguientes:

Cambio de apertura y cierre de la puerta.

Instalación de un mecanismo de apertura y cierre de las puertas.

Cambio de la ubicación de las resistencias eléctricas (mejor transferencia de calor)

Cambio del sistema de aseguramiento de las puertas.

Cambio de anclaje al soporte base.

Las modificaciones en la puerta.

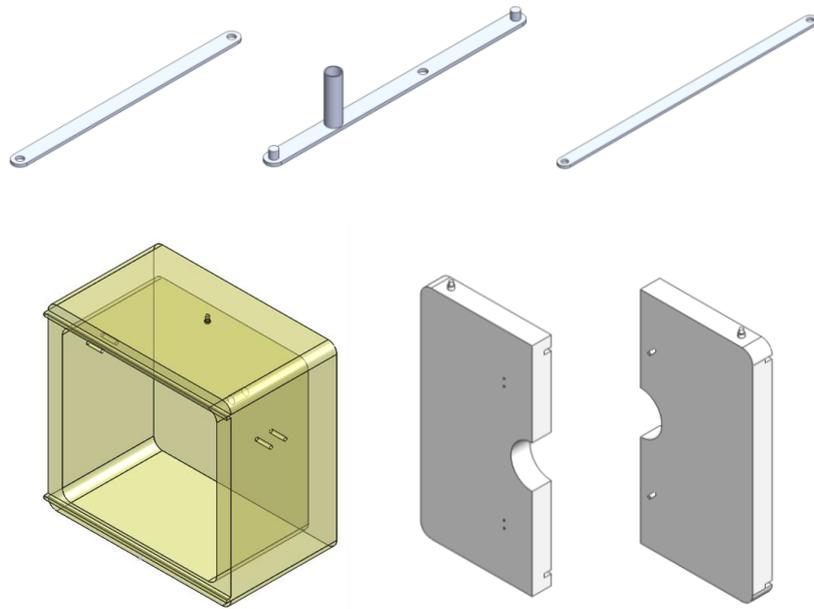


Figura 6.13. Horno.

6.5.2 Estructura soporte base del horno

Para mejorar el mecanismo de carga y descarga a demás del subsistema de giro del bombo, se cambió la estructura de soporte del horno debido a que la anterior no permitía realizar las modificaciones que se requerían; esta estructura nueva es más liviana y el empotramiento de los ejes que se apoyan a la estructura principal se sitúan en los lados de la misma sujetos por cuatro pernos para cada eje.

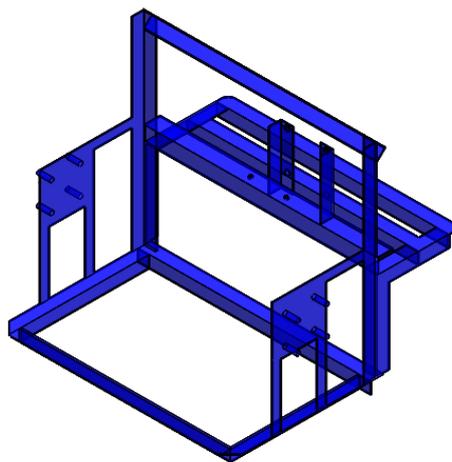


Figura 6.14. Estructura soporte de base del horno.

6.5.3 Ejes de soporte base del horno

Debido a que el soporte del horno tiene diferente diseño que el anterior, el sistema de apoyos a la estructura principal a través de un eje cambió a dos y la ubicación de los mismos se determinó con un previo cálculo de centro de gravedad por áreas.

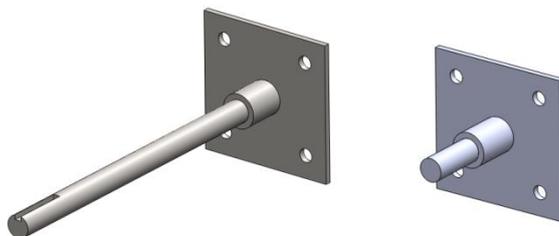


Figura 6.15. Ejes.

6.5.4 Bombo

El bombo se conforma por cuatro elementos dos de aluminio y dos de a acero los cuales están unidos por pernos, las cacerolas se seleccionaron de aluminio por las propiedades térmicas que brindan una mejor transferencia de calor durante el proceso.

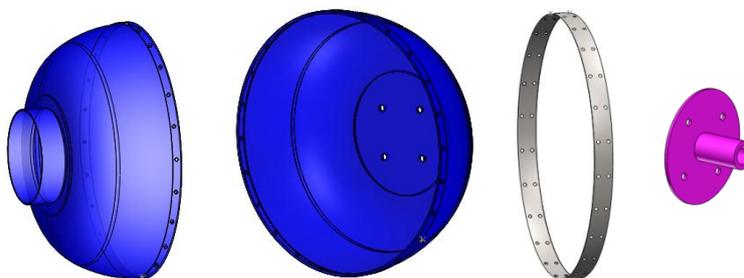


Figura 6.16. Bombo.

6.5.5 Eje del bombo

Al cambiar la estructura del soporte base del horno también cambio el subsistema de transmisión de giro del bombo, que era de engranajes y ahora es un acoplamiento directo con lo que se disminuyó el bamboleo del bombo y la longitud del eje con lo que se ganó eliminar todos los imperfectos anteriores; se aprovechó el elemento original de transmisión y se le dio nuevas medidas para ser instalado en el nuevo subsistema.

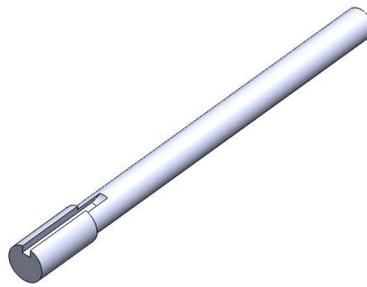


Figura 6.17. Eje del bombo.

6.6 Ensamblaje en SolidWorks

Todos los mecanismos mecánicos se conforman de varios elementos o piezas que tienen movimiento relativo entre ellos, entonces surge la necesidad de una forma de poder acoplar los elementos o piezas para llegar a esta unión deseada; SolidWorks cuenta con esta opción llamada “ENSAMBLAJE” y presente en la ventana de inicio.

Con el fin de poder armar una máquina, este software presenta varios comandos con varios botones que ayudan al usuario a lograr el cometido.

Primero y antes de iniciar el ensamblaje tenemos que insertar los elementos a la ventana principal de ensamblaje, para ello ya debemos contar con las piezas que conformaran el mecanismo; el PropertyManager se presenta con un “examinar” el cual nos ayuda a ubicar la carpeta donde se encuentra guardada la pieza que va a ser importada.

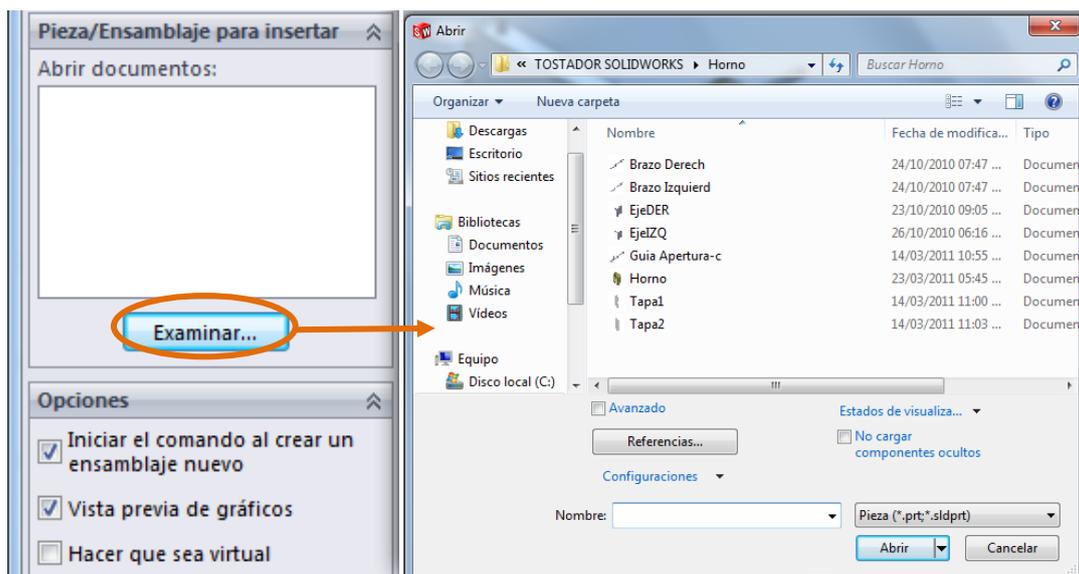


Figura 6.18. Ensamblaje para insertar.

La opción de ensamblaje es amigable al usuario y el comando principal se llama RELACION DE POSICIÓN “ ” brindando las siguientes aplicaciones:



Figura 6.19. Relación de posición.

Posición.- las relaciones están determinadas por dos elementos de los sólidos que se necesitan posicionar, estos elementos pueden ser puntos, líneas, planos, o la combinación de ellos. Los dos elementos deben ser seleccionados en esta opción para que después se seleccione cualquiera de las aplicaciones siguientes:

Coincidente.- Aquí se pueden posicionar puntos, líneas, planos a una distancia cero.

Paralela.- Se posiciona líneas y planos a una distancia definida y como su nombre lo indica paralelamente.

Perpendicular.- Se posiciona líneas, planos y la combinación de estos dos, la perpendicularidad es en contacto directo de los dos elementos.

Tangente.- Se posiciona líneas o planos a una pieza o elemento circular.

Concéntrica.- Se posicionan siempre dos elementos circulares.

Alineación de relación de posición.- Es importante ya que da la dirección que se aplica a la relación de posición.

Todas estas aplicaciones se eligen, o en su defecto el programa selecciona una aplicación de ellas automáticamente, lógicamente es la más adecuada según el software y si no es posible la relación el programa también presenta un mensaje de peligro; y brinda consejos de reparación de los errores presentes en la relación.

Para mayor entendimiento se presenta el siguiente ejercicio tomado del proyecto de Tesis:

6.6.1 Ejercicio

Mecanismo de apertura y cierre de las puertas del horno de la tostadora.

Elementos del mecanismo:

- ❖ Guía de movimiento.
- ❖ Brazo izquierdo.
- ❖ Brazo derecho.
- ❖ Palanca de apertura y cierre.
- ❖ Horno.
- ❖ Tapas.

1.- Abrir SolidWorks y seleccionar la opción de ensamblaje.

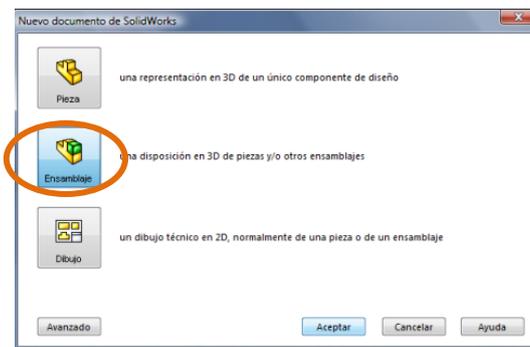


Figura 6.20. Ensamblaje.

2.- Ubicar todos los elementos que van a ser utilizados en el ensamblaje en nuestro caso son 6 piezas y un sub-ensamblaje, aquí emplearemos el comando insertar componente.



Figura 6.21. Elementos ensamblados.

Al tener la ventana de PropertyManager de insertar componente debemos anclar la ventana, esto se logra presionando el botón en forma de tachuela que se encuentra en la misma ventana ; esto nos ayudará a tenerla siempre visible.

Cuando se tiene todos las piezas solo tienen que ser arrastradas hacia la ventana principal, esto lo conseguimos seleccionando la pieza que se desee insertar.

Al finalizar la operación si estamos conformes con el proceso de insertar aceptamos dando clic en el visto verde de la ventana .

3.- Después de tener todos los elementos en la ventana principal procedemos a unirlos aplicando la operación “relación de posición”

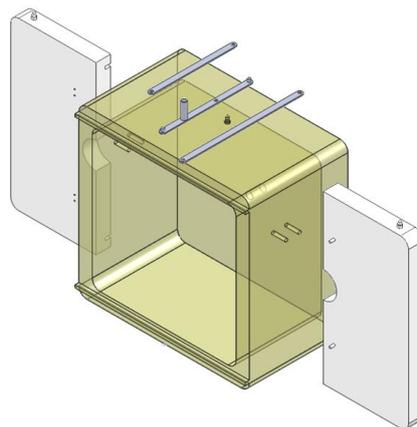


Figura 6.22. Ensamble del horno.

Primero se unen las tapas hacia el horno para esto, se toma una cara de la tapa y otra del horno que tengan contacto directo.

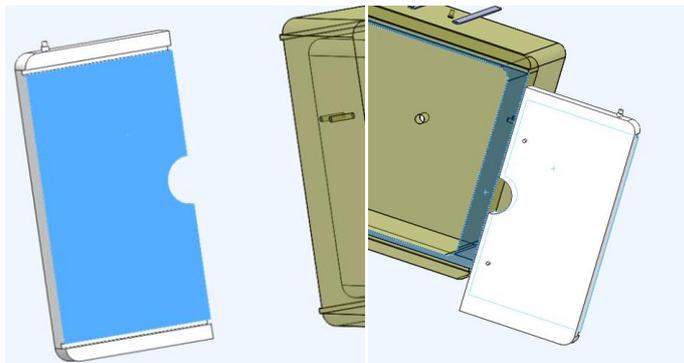


Figura 6.23. Partes del horno.

Aplicando el comando relación de posición automáticamente el programa detecta la relación más adecuada en este caso aplica “coincidente”



Figura 6.24. Relación de posición.

Lo mismo se realiza con la otra tapa obteniendo lo siguiente:

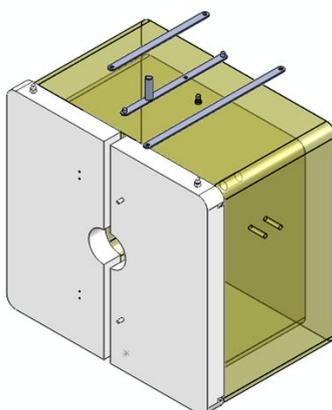


Figura 6.25. Horno ensamblado.

Para las barras del mecanismo de apertura y cierre de las puertas; se empieza por la del centro que es la guía y que se acopla al horno a través de la guía superior, en este caso la relación de posición es circular “concéntrica” y el programa lo detecta de igual manera automáticamente.

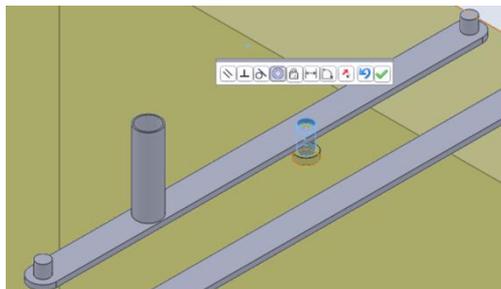


Figura 6.26. Mecanismo de puertas.

Para las barras auxiliares tenemos las otras articulaciones en los extremos que complementan el mecanismo obteniendo el siguiente conjunto:

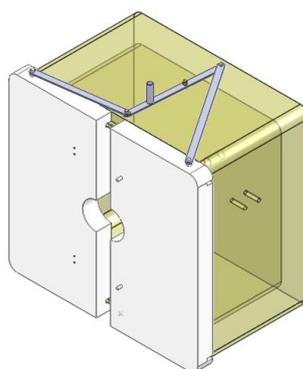


Figura 6.27. Horno completo.

6.7 Simulación “análisis de esfuerzos”

SolidWorks simulation permite hacer pruebas sobre los productos realizados en el software antes de fabricarlos para detectar defectos, con lo que contribuye a prevenir errores en las primeras fases del proceso de diseño. Esto es lo bastante eficaz para los analistas de FEA (análisis de elementos finitos) y, a la vez, lo bastante fácil para los diseñadores de productos. SolidWorks simulation puede ayudarle incluso a optimizar sus diseños para obtener un rendimiento y un ahorro máximos.

SolidWorks simulation se abre a partir de la interfaz de usuario de SolidWorks, por lo que no es necesario iniciar varias aplicaciones. Permite someter sus diseños a las mismas condiciones a las que se enfrentarán en la vida real, incluidos la tensión, el impacto, el calor, el flujo de aire y mucho más. No es necesario esperar a fabricar un producto para empezar a probarlo, ni pasar por varios prototipos físicos; siempre y cuando tenga las licencias de los paquetes.

Pasos para realizar SolidWorks simulation.

Abrir el elemento que se va a someter a la simulación.

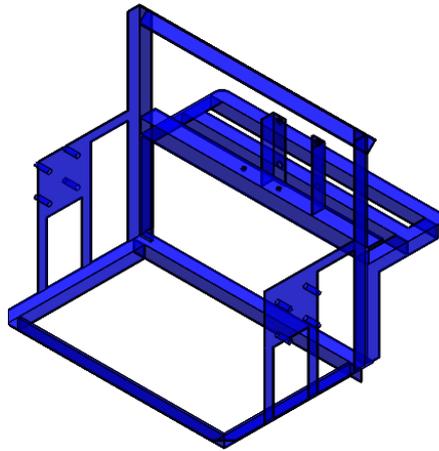


Figura 6.28. Estructura base del horno.

Activar el complemento de simulación, en la pestaña “herramientas” se selecciona “complementos” y se marca el recuadro pequeño de SolidWorks simulation.

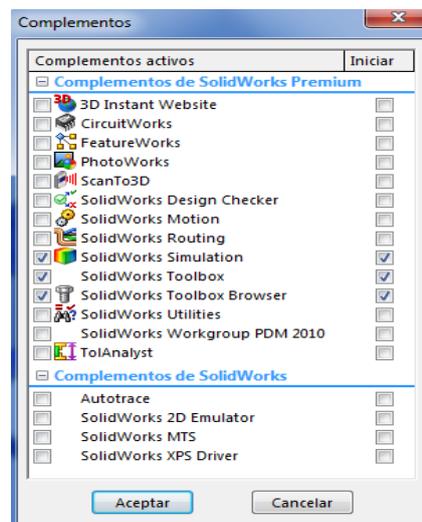


Figura 6.29. Complementos.

Marcada esta opción se coloca una pestaña de “simulación” en la barra de menú principal.



Figura 6.30. Botón de simulación.

Con la ayuda del asesor de estudio se ingresa los datos de sujeción, cargas ya sean de fuerza, torsión o temperatura y el tipo de material del que se construido el elemento a chequear.



Figura 6.31. Datos de sujeción.

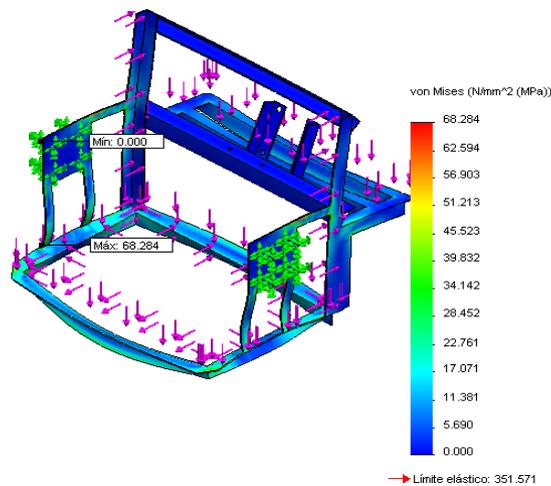


Figura 6.32. Análisis de esfuerzos.

Verificación del resultado de la simulación de SolidWorks.

$$\sigma_x = \frac{S_y}{\sqrt{3}} \quad \text{Teoria de Von Mises} \quad (6.1)$$

$$68.284 \text{ MPa} = \frac{351.571 \text{ MPa}}{\sqrt{3}}$$

$$68.284 \text{ MPa} \leq 202.856 \text{ MPa}$$

Esto indica que el diseño está bien.

Cabe señalar que las deformaciones indicadas en la simulación son exageradas para poder visualizar donde se producen.

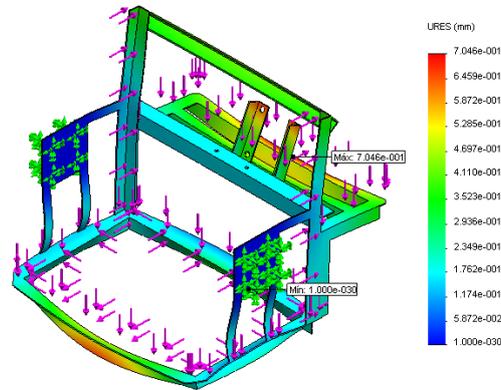


Figura 6.33. Análisis de desplazamiento.

Este es el estudio del desplazamiento producido por la deformación encontrándose como mayor desplazamiento en los ángulos de anclaje del motor-reductor con ($d = 0.7046$ mm).

CAPÍTULO VII

7 EXPERIMENTACIÓN

7.1 Pruebas

7.1.1 Pruebas en la fase de alimentación

Para asegurar que en el bombo ingrese sólo la cantidad necesaria de maní (4Kg), café (5Kg) y cacao (2Kg) se debe determinar el tiempo de apertura, permanencia en abierto y cierre de la compuerta.

Para esto se realiza la prueba utilizando un cronómetro y una balanza, tomando los respectivos datos de caída del maní, café y cacao, estos resultados se expresan en las siguientes tablas:

7.1.1.1 Pruebas en la fase de alimentación para el maní

TABLA 7.1. TIEMPOS EN LA ALIMENTACIÓN PARA EL MANÍ.

Tiempo de apertura (s)	Tiempo de permanencia en abierto (s)	Tiempo de cierre (s)	Tiempo total (s)	Masa (Kg)
1.1	4.9	1.1	7.1	5.25
1.1	3.45	1.1	5.6	4
1.1	4.9	1.1	7.1	5
1.1	2.8	1.1	5	3.75
1.1	3.2	1.1	5.4	4.15
1.1	2.3	1.1	4.5	3.75
1.1	2.15	1.1	4.35	3.95
1.1	2	1.1	4.2	3.6
1.1	4.4	1.1	6.6	6.12
1.1	2.8	1.1	5	3.8

7.1.1.2 Pruebas en la fase de alimentación para el café

TABLA 7.2. TIEMPOS EN LA ALIMENTACIÓN PARA EL CAFÉ.

Tiempo de apertura (s)	Tiempo de permanencia en abierto (s)	Tiempo de cierre (s)	Tiempo total (s)	Masa (Kg)
1.1	4.2	1.1	6.4	5.01
1.1	3.2	1.1	5.4	3.4
1.1	3,6	1.1	5.8	5
1.1	2.6	1.1	4.8	3.5
1.1	2.8	1.1	5	4.0
1.1	2.1	1.1	4.3	3.6
1.1	2.0	1.1	4.2	3.86
1.1	1.8	1.1	4.0	3.3
1.1	4.26	1.1	6.46	6.2
1.1	2.2	1.1	4.3	3.2

7.1.1.3 Pruebas en la fase de alimentación para el cacao

TABLA 7.3. TIEMPOS EN LA ALIMENTACIÓN PARA EL CACAO.

Tiempo de apertura (s)	Tiempo de permanencia en abierto (s)	Tiempo de cierre (s)	Tiempo total (s)	Masa (Kg)
1.1	4.1	1.1	6.3	4,98
1.1	3.1	1.1	5.3	3.2
1.1	4.5	1.1	6.7	4.78
1.1	2.5	1.1	4.7	3.65
1.1	3.2	1.1	5.4	2.0
1.1	2.1	1.1	4.3	3.45
1.1	1.9	1.1	4.1	3.55
1.1	2.3	1.1	4.5	3.1
1.1	4.1	1.1	6.3	5.96
1.1	2.3	1.1	4.5	3.2

En base a las pruebas realizadas se determina un tiempo de apertura y cierre igual de 1.1 segundos para los 3 productos, siendo el tiempo de permanencia en abierto distinto para cada uno que es de: 3.45 segundos para el maní con una carga de 4 Kg, 3.6 segundos para el café con una carga de 5 Kg y 3.2 segundos para el cacao con una carga de 2Kg.

Se puede interpretar a estos valores como aproximados, ya que se debería escoger con anterioridad el producto para evitar ingreso de impurezas y tener la correcta cantidad de la carga; además estos tiempos dependerán también de la velocidad de escaneo y rapidez de respuesta del PLC y de los contactores y/o relés respectivamente al realizar la secuencia.

7.1.2 Pruebas en la fase de tostado

Para poder controlar la temperatura con el módulo analógico del PLC, es necesario determinar el rango de la misma en el que se desea trabajar; es así que para el rango de trabajo (temperatura de tostado) para cada producto, las palabras del PLC censadas con una termocupla pueden ser transformadas a valores de temperatura y fijar así valores máximos y mínimos que se alcanzan en el interior del horno, controlando de esta manera el encendido y apagado de la resistencia eléctrica.

Estos valores son medidos mediante una termocupla ubicada en el interior del horno y conectada a un medidor de temperatura externo.

El incremento o disminución de temperatura se controla en la programación del PLC mediante valores IW que van de 0 a 4000, se los puede incrementar o disminuir según el rango de temperatura necesitado para cada producto.

Los valores máximos y mínimos alcanzados en el interior del horno a partir de una temperatura ambiente 17°C se indican en las siguientes tablas:

TABLA 7.4. VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL MANÍ (9h40 – 11h00).

Valores IW	Temperatura (°C)	Tiempo de Resistencia ON (min)	Tiempo Resistencia OFF (min)
2020	17-165	32	
1960	164-141		5
1940	136-166	10	
	167-141		6
	136-167	11	
	170-141		6
	136-169	10	
TOTAL:		63	17

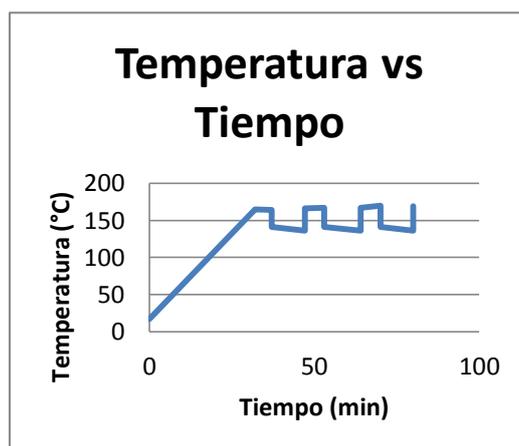


Figura 7.1. Temperatura vs tiempo para el maní (9h40 – 11h00)

TABLA 7.5. VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL MANÍ (19h08 – 20h08)

Valores IW	Temperatura (°C)	Tiempo de Resistencia ON (min)	Tiempo Resistencia OFF (min)
2340	17-197	44	
2320	195-188		4
2300	174-201	11	
	203		1
TOTAL:		55	5

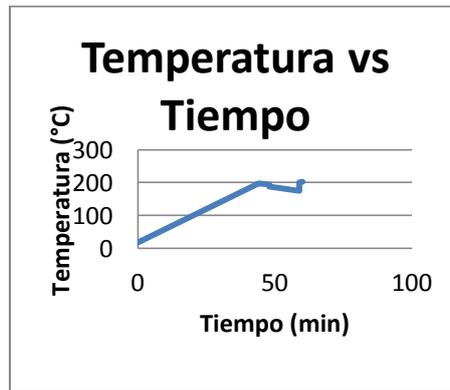


Figura 7.2. Temperatura vs tiempo para el maní (19h08 – 20h08)

TABLA 7.6. VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL CAFÉ (18h38 – 20h08).

Valores IW	Temperatura (°C)	Tiempo de Resistencia ON (min)	Tiempo Resistencia OFF (min)
1940	17-166	31	
1870	165-133		6
1850	129-164	10	
	166-133		7
	129-164	10	
	166-133		7
	129-164	10	
	166		8
	133	1	
TOTAL:		62	28

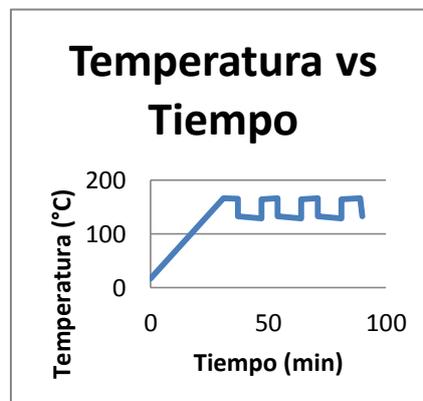


Figura 7.3. Temperatura vs tiempo para el café (18h38 – 20h08)

TABLA 7.7. VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL CAFÉ (12h09 – 13h49)

Valores IW	Temperatura (°C)	Tiempo de Resistencia ON (min)	Tiempo Resistencia OFF (min)
2640	17-225	72	
2620	214		2
2600	205-225	15	
	226		8
	213	3	
TOTAL:		90	10

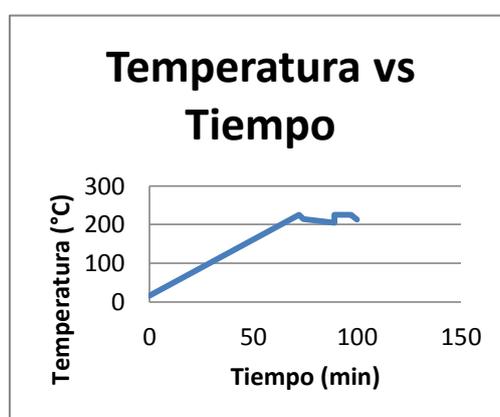


Figura 7.4. Temperatura vs tiempo para el café (12h09 – 13h49)

TABLA 7.8. VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL CACAO (10h05 – 11h15)

Valores (IW)	Temperatura (°C)	Tiempo de Resistencia ON (min)	Tiempo Resistencia OFF (min)
1840	17-153	30	
1780	149-125		8
1760	119-143	8	
	147-125		8
	119-143	8	
	147-125		8
TOTAL:		46	24

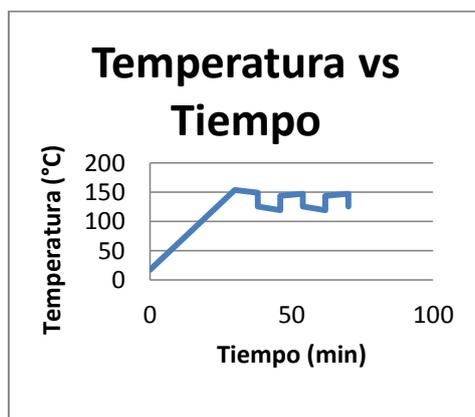


Figura 7.5. Temperatura vs tiempo para el cacao (10h05 – 11h15)

TABLA 7.9. VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA PARA EL CACAO (8h50 – 10h00)

Valores IW	Temperatura (°C)	Tiempo de Resistencia ON (min)	Tiempo Resistencia OFF (min)
1840	17-157	29	
1820	155-123		7
1800	119-161	11	
	165-129		9
	123-161	11	
	165-153		3
TOTAL:		51	19

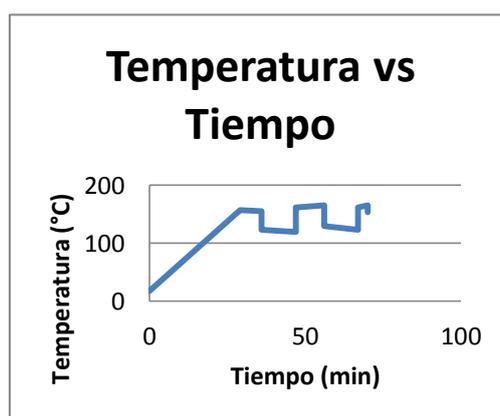


Figura 7.6. Temperatura vs tiempo para el cacao (8h50 – 10h00)

Los datos de las tablas indican que luego de apagarse la resistencia la temperatura sigue subiendo debido a la inercia térmica.

7.1.3 Determinación experimental del tiempo de tostado al variar la velocidad

Según las pruebas realizadas en el laboratorio y tomando en cuenta la velocidad de rotación mediante la variación de frecuencia se ha obtenido la siguiente tabla de datos de velocidades:

TABLA 7.10. VALORES DE VELOCIDAD Y FRECUENCIA

DENOMINACIÓN	FRECUENCIA(Hz)	VELOCIDAD (rpm)
NORMAL	60	100
MANÍ	20	33.3333
CAFÉ	26	43.3333
CACAO	28	46.666

7.2 Interpretación de resultados

La interpretación de resultados se determina basándose en datos reales obtenidos en las pruebas con la máquina en distintos tiempos y valores de temperatura, al tostar maní, café y cacao. Estos datos se indican en las tablas anteriormente expuestas.

7.2.1 Velocidad de rotación

Según datos experimentales obtenidos se tiene una frecuencia de 20, 26 y 28 Hz para el maní, café y cacao respectivamente, siendo estos valores los requeridos para que el tostado del producto sea homogéneo y su resultado final sea perfecto, tanto en contextura, sabor y olor.

Se obtienen los valores de velocidad para el maní, café y cacao de 33.33, 43.33 y 46.66 rpm respectivamente.

7.2.2 Tiempo de tostado

Basándose en las diferentes pruebas y datos experimentales de cada producto tostado se obtienen los tiempos de tostado al variar los valores de IW en el programa para luego incrementar la temperatura en el horno.

Cabe destacar que el horno necesita un precalentamiento que dura de 20 a 30 minutos los cuales son sumados al tiempo requerido, es así que se tienen los siguientes

tiempos de 55, 100 y 70 minutos para el maní, café y cacao respectivamente, los cual asegura un tostado final del producto de calidad.

7.2.3 Consumo energético del horno

Para el análisis de consumo energético se toma en cuenta las resistencias eléctricas y el motor-reductor del bombo, ya que son los dispositivos de mayor potencia y que permanecen más tiempo encendido, los otros elementos como el moto-variador del horno y el resto de elementos con relación al tiempo de consumo son mínimos.

Cabe destacar el costo de la energía eléctrica promedio por Kwh consumido en nuestro país es de 8 centavos de dólar, esto debido a que el Estado asume parte del costo real que tiene la energía.

Si se toma en cuenta el valor de subsidio que según el CONELEC alcanza un valor del **60%**, entonces en realidad el costo por Kwh consumido en nuestro país debería ser de 13 centavos de dólar. Para cálculos de consumo se va a considerar un valor de 8 centavos de dólar por Kwh.

Se tienen los siguientes datos de consumo:

Las resistencias consumen 2.5 Kwh, y el motor-reductor del bombo 0.5Kwh, estos valores son utilizados de acuerdo al producto y tiempo de tostado.

Para el tostado del producto se tienen los siguientes datos obtenidos experimentalmente que se indican en la (tabla 7.11).

TABLA 7.11. VALORES OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO ENERGÉTICO.

Denominación.	Tiempo (min).		
	Maní.	Café.	Cacao.
1^{er} Ciclo			
Tiempo de tostado	55	100	70
Resistencia encendida.	50	90	51
Resistencia apagada.	5	10	19
2^o y 3^{er} Ciclo.			
Resistencia encendida.	40	80	43
Resistencia apagada.	15	20	27

Se tienen datos diferentes para el segundo y tercer ciclo debido a que el motor ya está precalentado.

7.2.3.1 Cálculo de consumo del motor-reductor

El consumo del motor-reductor se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$X = \frac{t * \text{consumo energético (Kwh)}}{60} = 0.46 \text{ Kwh} \quad (7.1)$$

$$C = X \cdot \frac{0.08 \text{ dólares}}{\text{Kwh}} = 0.037 \text{ dólares} \quad (7.2)$$

Siendo t el tiempo de tostado del producto.

Al reemplazar los datos en las ecuaciones (7.1 y 7.2) se obtiene la siguiente tabla:

TABLA 7.12. VALORES DE CONSUMO ENERGÉTICO.

	Consumo (dólares)		
	Maní	Café	Cacao
Consumo (C)	0.037	0.066	0.046
Consumo total:	0.11	0.20	0.14

El consumo total es el resultado de la multiplicación del consumo (C) por 3, esto debido a que la máquina realiza 3 ciclos.

7.2.3.2 Cálculo de consumo de las resistencias

Reemplazando los valores de la (tabla 7.11) en las ecuaciones (7.1 y 7.2) se obtienen los valores indicados en la siguiente tabla:

TABLA 7.13. CONSUMO ENERGÉTICO DE LAS RESISTENCIAS.

Denominación.	Consumo (dólares).		
1 ^{er} Ciclo	Maní.	Café.	Cacao.
Resistencia encendida.	0.16	0.3	0.17
Resistencia apagada.	0.016	0.033	0.063
2 ^o y 3 ^{er} Ciclo.	Maní.	Café.	Cacao.
Resistencia encendida.	0.26	0.53	0.28
Resistencia apagada.	0.1	0.13	0.18

El consumo de las resistencias para en segundo y tercer ciclo se multiplica por 2, esto debido a que la máquina ya está precalentada al realizar estos dos últimos ciclos y los valores de tiempo en estos es igual.

7.2.3.2.1 Consumo total

Es el resultado de la suma de los valores de consumo del motor-reductor y de las resistencias, cabe destacar que se toma en cuenta los valores cuando las resistencias permanecen encendidas durante los 3 ciclos.

Consumo total para el maní = $0.11+0.16+0.26 = 0.53$ dólares en los 3 ciclos.

Consumo total para el café = $0.2+0.3+0.53 = 1.03$ dólares en los 3 ciclos.

Consumo total para el cacao= $0.14+0.17+0.28 = 0.59$ dólares en los 3 ciclos.

7.3 Guía de operación y mantenimiento

7.3.1 Instrucciones de operación

Para el uso de la máquina se deben seguir los siguientes pasos:

- a. Conectar la alimentación trifásica 220V y monofásica 110V del tablero de control en los tomacorrientes ubicados para esta función.
- b. Ubique el horno en la posición de alimentación, utilizando el botón verde de mantenimiento de giro horario  o anti horario  ubicado en el tablero de control hasta pulsar el final de carrera (FC2) que se encuentra en la parte superior de la estructura del horno, esto permite que el horno se ubique en posición de carga.
- c. Seleccionar el producto que se va a tostar en este caso: maní, café o cacao, este selector se encuentra en el tablero ubicado al extremo derecho de la parte superior del tablero de control.
- d. Se debe verificar que la compuerta de la tolva esté cerrada.
- e. Coloque máximo 16 Kg de producto en la tolva.
- f. Ubique debajo del horno el recipiente de descarga.
- g. En el display pulse el botón MODE hasta visualizar que en la pantalla del PLC semuestre STP parpadeando, luego pulse el botón  hasta visualizar la palabra INI, luego pulse MODE (no debe parpadear, luego de un

instante se debe visualizarla STP), nuevamente pulse el botón MODE (STP debe estar parpadeando) con el botón  ubicamos hasta que aparezca la palabra RUN parpadeando, luego presionamos el botón MODE ya no debe parpadear.

- h. En el tablero de control, pulse el botón verde de inicio de ciclo (ON), se abrirá la compuerta de la tolva y caerá el maní, además se encenderá el foco verde.
- i. En el tablero de control se encenderá la luz amarilla indicando que la resistencia está prendida, a la vez se encenderá el motor del bombo.
- j. Si desea hacer solo un ciclo de tostado, presione el botón rojo de fin de ciclo, con esto se asegura que la máquina se detenga al terminar el primer ciclo. Si desea hacer los 3 ciclos (programados para la capacidad de la máquina), no realice el paso k); la luz verde permanecerá encendida y los 3 ciclos se realizarán uno a continuación del otro durante el tiempo programado para cada producto, luego la máquina se detendrá automáticamente.
- k. Espere durante el tiempo determinado para cada producto.
- l. Transcurrido este tiempo se apagará la luz amarilla (resistencia), el horno empezará a girar hacia la posición de descarga, hasta pulsar el final de carrera (FC1) ubicado en la parte inferior de la estructura, el horno quedará con el embudo hacia abajo y descargará el producto tostado en el recipiente ubicado anteriormente.
- m. Luego el horno cambiara de giro y avanzará hasta la posición de alimentación hasta pulsar nuevamente el final de carrera (FC2) superior.
- n. Si realizó el paso k), el ciclo terminará, desconecte la alimentación monofásica y trifásica.
- o. Si no realizó el paso k), espere durante el número de horas necesarias para cada producto durante los 3 ciclos y luego de terminado el último ciclo desconecte la alimentación monofásica y trifásica.
- p. Si desea hacer más de 3 ciclos de tostado, luego de terminar los 3 primeros, pulse el botón rojo de fin de ciclo, cargue la tolva y luego pulse el botón de inicio de ciclo, se asegurará 3 ciclos más o si desea menos ciclos realice el literal k).

Si ocurre algún imprevisto, presione el botón rojo con flechas blancas de paro general de emergencia ubicado en el tablero de control, desconecte la alimentación monofásica y trifásica y solicite ayuda de personal calificado.

7.3.2 Instrucciones de mantenimiento

El mantenimiento de la máquina tostadora de granos consta de dos partes fundamentales para lo cual se tiene que realizar el siguiente procedimiento:

Mantenimiento preventivo mecánico:

- a. Ubicar el horno en posición horizontal (salida del producto al frente) con la ayuda del la botonera “giro anti horario”.
- b. Desconectar por completo la alimentación eléctrica de la máquina.
- c. Desmontar el embudo de alimentación, destornillándolo de la tapa a la que está anclada.
- d. Abrir las chapas de agarre entre las dos tapas de la puerta del horno.
- e. Utilizando el mecanismo de apertura y cierre de las tapas, se abren las tapas del horno empujando el mango de apertura hacia el lado izquierdo.
- f. Retirar el prisionero de seguridad del bombo al eje ubicado en la parte posterior del bombo.
- g. Desmontar el bombo girándolo al lado izquierdo.
- h. Retirar los pernos de sujeción del moto-reductor del bombo y desmontarlo.
- i. Limpiar el interior del horno con una brocha.
- j. Limpiar las resistencias eléctricas.
- k. Engrasar las chumaceras del horno y el tornillo sin fin cada mes con grasa multipropósito.
- l. Engrasar la chumacera del eje del bombo cada semana debido a que está expuesto a las altas temperatura con grasa industrial de alta tecnología PYROPLEX BLUE 40.
- m. Engrasar las ranuras de las tapas con grasa de grado alimenticio para evitar la contaminación del producto por la evaporación de la misma por la alta temperatura.
- n. Chequeo de la grasa del reductor del bombo (si falta es mejor cambiarlo, con grasa multipropósito; se recomienda cada 6 meses).

- o. Chequeo del nivel de aceite del moto-variador del horno a través del visor (si el nivel está bajo se completa con aceite para transmisión SAE 90 – 120)
- p. Montaje del reductor del bombo.
- q. Montaje del bombo y ajuste del prisionero de seguridad.
- r. Cerrar las tapas del horno empleando el mango del mecanismo de apertura empujando al lado derecho.
- s. Cerrar las chapas de las tapas del horno.

Mantenimiento preventivo eléctrico.

- a. Desconectar por completo la alimentación eléctrica de la máquina.
- b. Inspección y verificación del banco de fusibles.
- c. Inspección y verificación de las botoneras.
- d. Inspección y verificación de las luces indicadoras.
- e. Inspección y verificación de los contactores, bornes y bobina de anclaje.
- f. Inspección y verificación de los relés, bornes y bobina de anclaje.
- g. Inspección y verificación de los TIMERS, bornes y bobina de anclaje.
- h. Inspección y verificación del PLC Twido 20DRT, borneras.
- i. Inspección y verificación del variador de frecuencia ATV 11.
- j. Chequeo de los conductores de alimentación 110V, 220V y de control.
- k. Ajuste de los tornillos de todos los terminales utilizados.

CAPÍTULO VIII

8 ANÁLISIS ECONÓMICO

Partiendo del hecho de que es un rediseño y que en el laboratorio ya se disponía de algunos elementos críticos para el equipo, entonces se ha tomado en cuenta los materiales necesarios y faltantes para la modificación de la máquina.

8.1 Análisis de costos

Para el análisis de costos se toma en cuenta los siguientes rubros que inciden en los Costos directos, indirectos y costo total:

- ❖ Transporte.
- ❖ Adquisición de elementos necesarios para la conexión (herramientas, cable, contactores, relés, relays, finales de carrera, variador de frecuencia, conectores, terminales, tornillos, pintura, pernos, tuercas, etc.).
- ❖ Arreglo del sistema.
- ❖ Mano de obra calificada.
- ❖ Pruebas y funcionamiento.

8.1.1 Costos directos

Detalla la inversión fija que se necesitó:

TABLA 8.1. TOTAL COSTOS DIRECTOS

TOTAL COSTOS DIRECTOS		
ITEM	DENOMINACION	TOTAL
1	MATERIALES	1,151.49
2	EQUIPO	77.80
3	MANO DE OBRA	199.00
4	TRANSPORTE	57.93
TOTAL COSTOS DIRECTOS		1,486.22

Mediante la utilización del programa APU, las tablas de costos directos se encuentran detalladas en los anexos (2-11).

8.1.2 Costos indirectos

En los costos indirectos se ha estimado un valor del 30% con relación a los costos directos, se considera una utilidad de 0% para fines de estudio realizado en el proyecto de tesis, estos valores de costos indirectos se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 8.2. COSTOS INDIRECTOS (30%)

ITEM	DENOMINACION	PORCEN.	VALOR
1	Imprevistos costos directos	6%	89.173
2	Montaje de equipos	6%	89.173
3	Secretaria	0%	0.00
4	Conserje	0%	0.00
5	Servicios Básicos (Luz, Agua, Telf)	0%	0.00
6	Utilidad	0%	0.00
7	Diseño ingenieril.	12%	178.346
8	Ingeniero residente.	0%	0.00
9	Construcciones provisionales.	0%	0.00
10	Combustible	6%	89.173
TOTAL COSTOS INDIRECTOS:		30%	445.865

8.1.3 Costo total

El costo total del proyecto está representado por la suma de los costos directos e indirectos, por lo tanto:

TABLA 8.3. COSTOS TOTALES

COSTO TOTAL		
ITEM	DENOMINACION	VALOR
1	Costos directos. (USD)	1,486.22
2	Costos indirectos. (USD)	445.865
COSTO TOTAL (USD)		1,932.08

Se tiene un valor total del proyecto de tesis de **1,932.08 dólares**, los cuales son financiados completamente por los estudiantes encargados de la tesis.

8.1.4 Fórmula de reajuste

8.1.4.1 Reajuste de precios

Es el valor adicional a un precio inicial que se produce por el incremento de los costos de los insumos que interviene en la obra en el transcurso del tiempo. Valor que trata de compensar la pérdida del poder adquisitivo de la moneda entre la fecha de negociación y la fecha de pago. La fórmula de reajuste se determinó con el programa APU (Análisis de Precios Unitarios), esto es en el caso de ser oportuno realizar una oferta del proyecto de tesis, la fórmula se observa a continuación:

$$P_r = P_o \left(0.007 \frac{C}{C_0} + 0.047 \frac{E}{E_0} + 0.258 \frac{M}{M_0} + 0.475 \frac{ME}{ME_0} + 0.010 \frac{MM}{MM_0} + 0.134 \frac{MO}{MO_0} + 0.021 \frac{MP}{MP_0} + 0.020 \frac{MS}{MS_0} + 0.024 \frac{R}{R_0} + 0.004 \frac{V}{V_0} \right) \quad (8.1)$$

De donde:

C Combustible

E Equipo

M Material

ME Material eléctrico

MM Mantenimiento mecánico

MO Mano de obra

MP Material pintura

MS Material soldadura

R Repuesto

V Varios

CAPÍTULO IX

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- ❖ Al final de la realización de esta tesis, se ha logrado cumplir con los objetivos impuestos en un principio.
- ❖ El rediseño del horno ofrece una mejor facilidad de mantenimiento y seguridad ya que el operador no tiene contacto directo con la puerta, por la ayuda del mecanismo de apertura y cierre.
- ❖ El mecanismo de giro del bombo perdió el bamboleo y rozamiento debido al acoplamiento directo con el motor-reductor.
- ❖ Al adicionar una resistencia eléctrica la cantidad de calor es mayor, permitiendo que la temperatura de tostado se alcance en menor tiempo, y en consecuencia un tiempo total mucho menor que anteriormente.
- ❖ El tiempo de tostado para el maní disminuyó de 115 a 55 minutos, que es aproximadamente el 48% del tiempo anterior, además de que las resistencias se posicionaron en lugares estratégicos para una mejor transferencia de calor, el horno llega a la temperatura de tostado de 20 a 23 minutos .
- ❖ El tiempo de tostado para el café es de 100 minutos, por lo tanto hay que tomar en cuenta que de los tres productos es la mayor masa a tostar y que el horno se demora aproximadamente de 26 a 30 minutos a la temperatura de tostado.
- ❖ El tiempo de tostado para el cacao es de 70 minutos, pero hay que tomar en cuenta que de los tres productos también éste es el de mayor tamaño por grano y que el horno se demora aproximadamente de 20 a 25 minutos a la temperatura de tostado.
- ❖ La calidad del producto es excelente, lo cual presenta beneficios tanto para la salud, como comercialmente al construir un modelo de gran capacidad en comparación al producto obtenido artesanalmente por uniformidad de tostado.

- ❖ El tiempo de tostado depende de la calidad de la materia prima, ya que se conseguirá un tostado más uniforme si los granos del producto también lo son, se logró mejores resultados con la variedad de maní caramelo.
- ❖ Los PLCs son aparatos electrónicos de grandes prestaciones no solo en la gran industria sino también en la microempresa, ya que pueden reemplazar mano de obra, abaratar costos de producción y hacer más eficiente un proceso productivo, además de que no representan una gran inversión.
- ❖ El PLC Twido TWDLMDA20DRT presenta una gran ventaja en comparación a otros PLCs, como es la de poder acoplar un módulo analógico que se conecta directamente a un termopar del tipo J, K, T, PT100, y sensar directamente la temperatura en un proceso.
- ❖ El uso de lenguajes de alto de nivel, como el GRAFCET, facilita en mucho la programación de los PLCs, además de ofrecer facilidad al transformarlo en otro tipo de lenguaje como es el LADDER.

9.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Para un buen deslizamiento de las puertas el horno se recomienda engrasar las guías con grasa de grado alimenticio para evitar que al calentarse el horno se contamine el producto.
- ❖ Se debe dar una operación adecuada al sistema, así como un mantenimiento periódico para poder conservar la eficiencia de la máquina, remitiéndose estrictamente al manual de operación y a la guía de mantenimiento.
- ❖ Para ejecutar el mantenimiento se recomienda esperar al menos 30 minutos si la máquina ha estado en funcionamiento.
- ❖ Para lograr un control de temperatura más preciso con el PLC, se puede disminuir el rango de tolerancia de la banda de temperatura y mejorar la eficiencia de la resistencia implementando un sistema PID.
- ❖ Se puede mejorar el sistema de alimentación hacia la tolva implementando un sistema de transporte por bandas, cadenas cangilones, etc.

- ❖ Se deben controlar que los valores de voltaje que arroja la fuente de alimentación al PLC sean de 24VDC para evitar cualquier daño en el mismo.
- ❖ Se recomienda adquirir conocimientos sobre lenguajes de programación de PLC para entender de una mejor manera el circuito de programación cargado en el PLC.
- ❖ De preferencia la máquina debe ubicarse para su operación en lugares secos y ventilados debido a que la humedad puede producir daños tanto en los implementos mecánicos, como en los eléctricos y electrónicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CHIMBO O-ALBÁN M. Diseño y Construcción de un Tostador Semiautomático para Maní, Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba. Ecuador. Mayo, 1999: pp. 3-6,22, 26-28, 30, 35, 50-58, 73, 82, 154.
- [2] MARX. Manual del Ingeniero mecánico. 9na.ed. Manual New Cork. Ecuador: Octubre 1997. pp. 10-54.
- [3] UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Extracción y Caracterización del Maní de Árbol. Ambato: 2004. pp. 28,51.
- [4] BARRAU. Hornos Eléctricos: pp. 22, 23.
- [5] HOLMAN. J. P. Transferencia de Calor. 8va.ed. España: McGraw – Hill, 1998. pp. 589,590.
- [6] TUBAL. Catálogo de Tubal. Ecuador. pp. 31.
- [7] PAULLÁN M-PÉREZ M. Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización para el tostado de maní mediante el uso de un controlador lógico programable, Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba. Ecuador. Julio, 2003: pp. 89-99.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTIGARRAGA URQUIZA, J. Hornos Industriales de Resistencias. España: McGraw – Hill, 1994.
- AVNER, S. Introducción a la Metalurgia Física. 2da.ed. España: McGraw – Hill, 1979.
- BARRAU. Hornos Eléctricos.
- CHIMBO, O-ALBÁN, M. Diseño y Construcción de un Tostador Semiautomático para Maní. Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba. Ecuador. Mayo, 1999.
- CULTURAL, S. A. Mecánica de Máquinas. Madrid. España: Febrero, 1999. (Manual).
- FAIRES, V. Termodinámica. 2da.ed. México: Editorial Limusa, 1993.
- HOLMAN, J. P. Transferencia de Calor. 8va.ed. España: McGraw – Hill, 1998.
- INIAP. Manual Agrícola de los Principales Cultivos del Ecuador. Quito: 1987.
- MARX. Manual del Ingeniero mecánico. 9na.ed. Manual New Cork. Ecuador: Octubre, 1997.
- MORÁN, I. Programación de PLCs. ESPOCH. Riobamba. Ecuador: Junio, 2002. (Folleto).
- MORENI, E. G. Automatización de Procesos Industriales: Editorial Alfa Omega, 2001.
- ORTEGA, J. Curso de Programación e Introducción a los Plc's: Agosto, 1999.
- PAULLÁN M-PÉREZ M. Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización para el tostado de maní mediante el uso de un controlador lógico programable, Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba. Ecuador. Julio, 2003.
- RAMIREZ, C. Controladores Lógicos Programables. Universidad de Chile: Junio, 2001.
- SCHNEIDER – TELEMECANIQUE. Twido Autómata Programable. Ecuador: Abril, 2002. (Catálogo).

SHIGLEY, Joshep E. Diseño de Elementos de Máquinas. 4ta.ed. México: McGraw – Hill, 1985.

SHIGLEY, Joshep E. Diseño de Elementos de Máquinas. 5ta.ed. México: McGraw – Hill, 1990.

TUBAL. Catálogo de Tubal. Ecuador.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Extracción y Caracterización del Maní de Árbol. Ambato: 2004.

LINKOGRAFÍA

DATOS GENERALES DEL CACAO

<http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/Manual%20Cacao.pdf>>.

2010-07-02

CARACTERÍSTICAS DEL CACAO

<http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/Manual%20Cacao.pdf>.

2010-07-02

DATOS GENERALES DEL CAFÉ

<http://redalyc.uaemex.mx/pdf>

2010-08-31

PROPIEDADES DEL CAFÉ

[http:// www.cafe.propiedades/](http://www.cafe.propiedades/).pdf

2010-09-14

CARACTERÍSTICAS DEL CACAO

<http://caract%20cacao/cocoa-characteristicscaracteristicas-del-cacao.htm>

2010-06-20

TOSTADO

<http://caract%20cacao/derivadosdelcacao.htm>

2010-06-25

POROSIDAD

<http://porosidad/X5028S02.html>

2010-06-16

POTENCIA ELÉCTRICA

<http://es.wikipedia.org/wiki/Potenciaelectrica>.

2010-06-15

PRODUCCIÓN DEL CACAO

[http:// www.solucionespracticas.org.pe](http://www.solucionespracticas.org.pe)

2010-06-15

TWIDO

<http://www.schneiderelectric.es.pdf>.

2010-07-08

GUIA RÁPIDA

[http:// www.schneiderelectric.es.pdf](http://www.schneiderelectric.es.pdf).

2010-07-08

MANUAL DE BLOQUES

[http:// www.schneiderelectric.es.pdf](http://www.schneiderelectric.es.pdf).

2010-07-08

TOSTADO Y MOLIDO DE CAFÉ

<http://iaci.unq.edu.ar/caut1.pdf>

2010-08-12

PROPIEDADES DEL ALUMINIO

<http://es.wikipedia.org/wiki/aluminio/propiedades.es>

2010-11-14

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

<http://Conductividad térmica - Wikipedia, la enciclopedia libre.mht>

2009-10-01

PROPIEDADES DEL ACERO SAE 1018

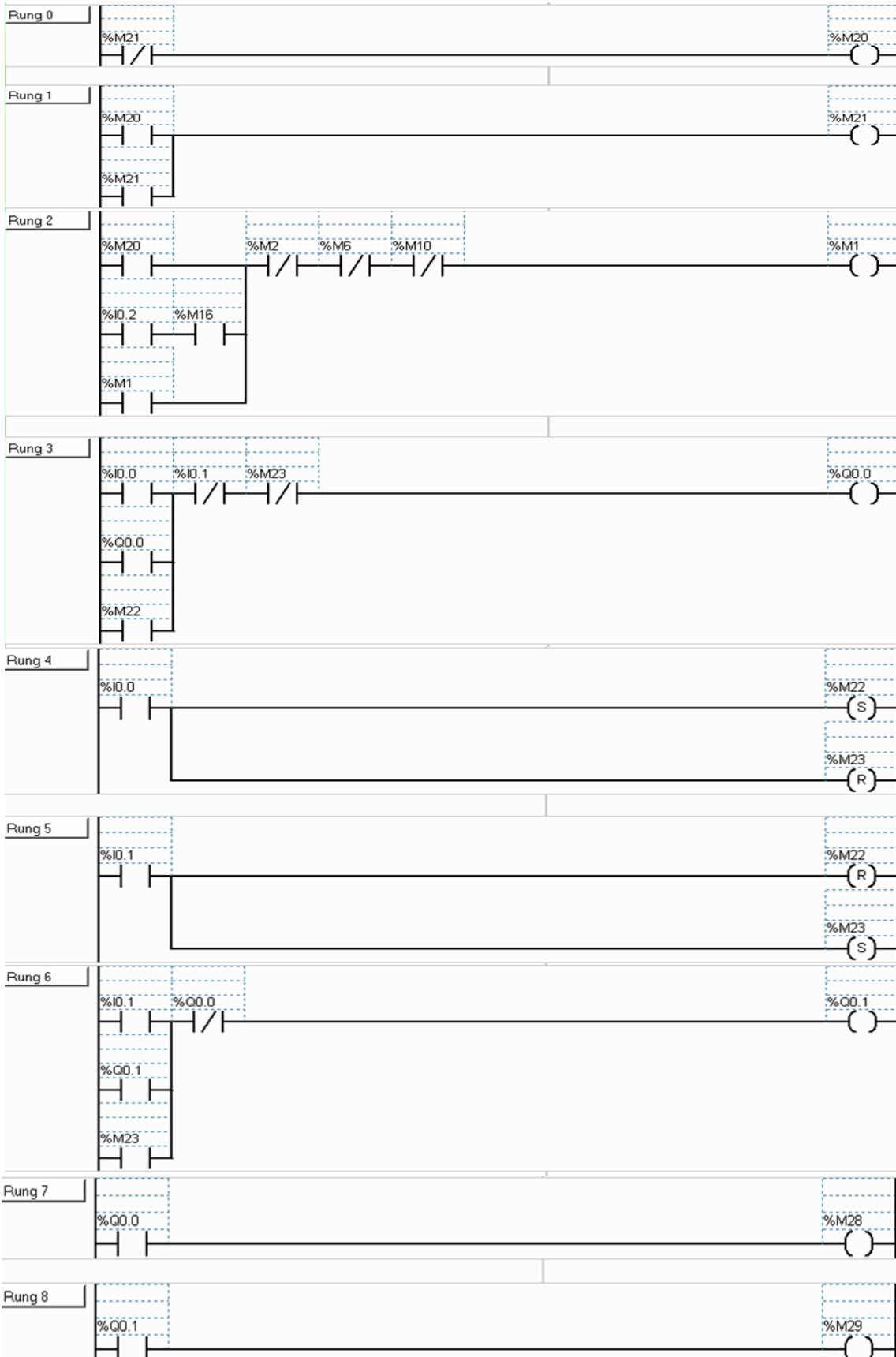
<http://www.Los beneficios del Aluminio.mht>

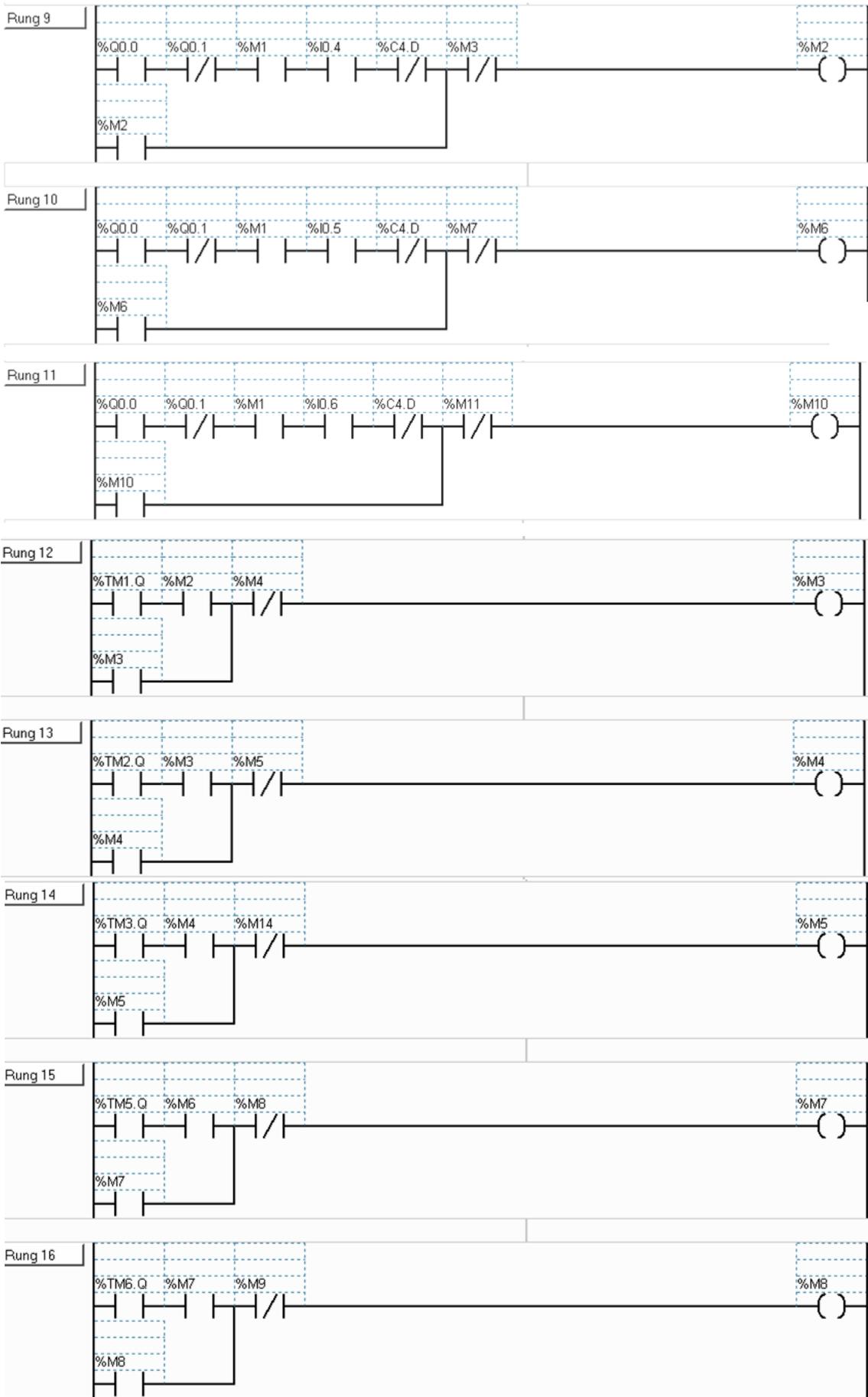
2009-11-14

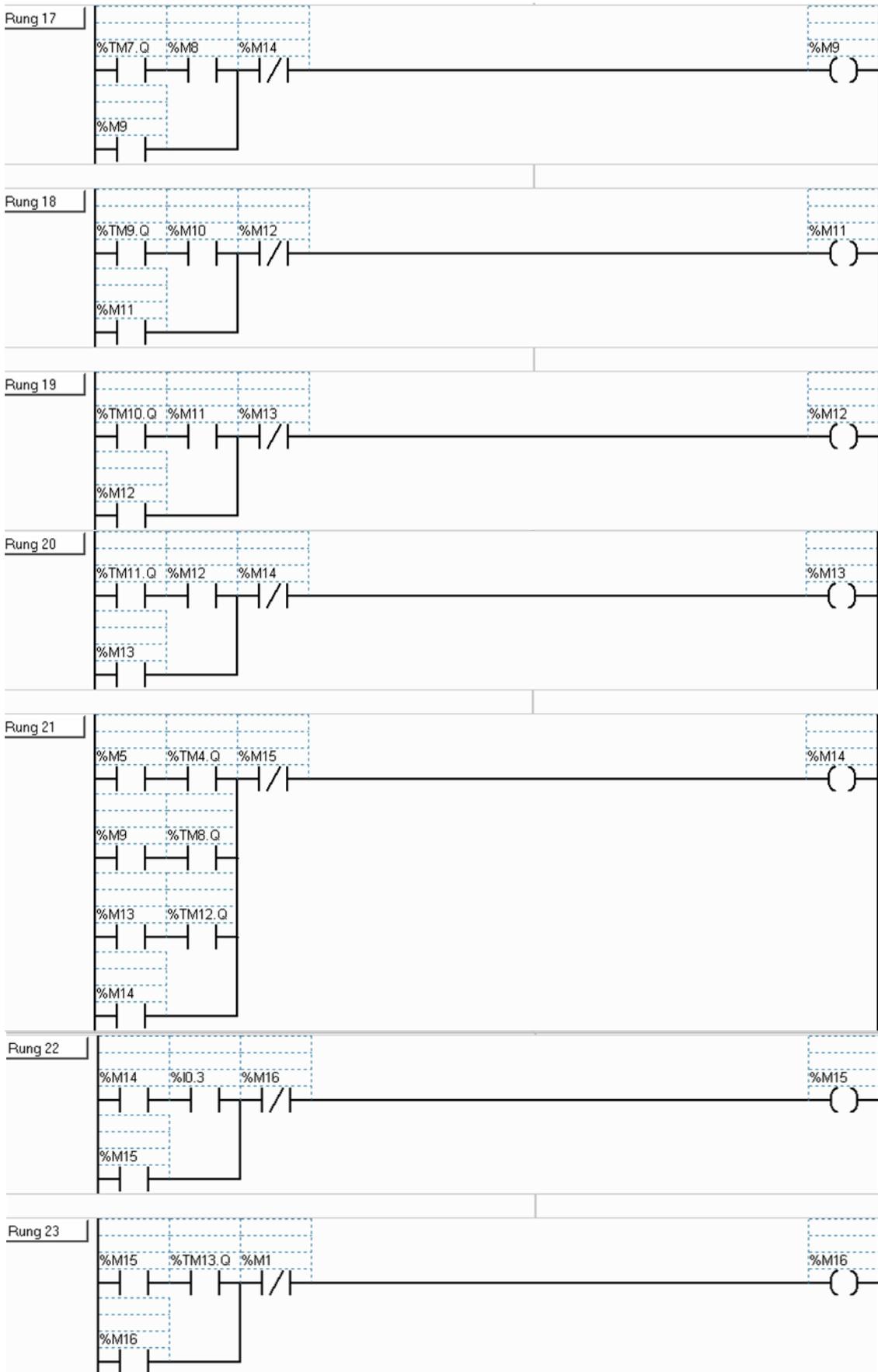
ANEXOS

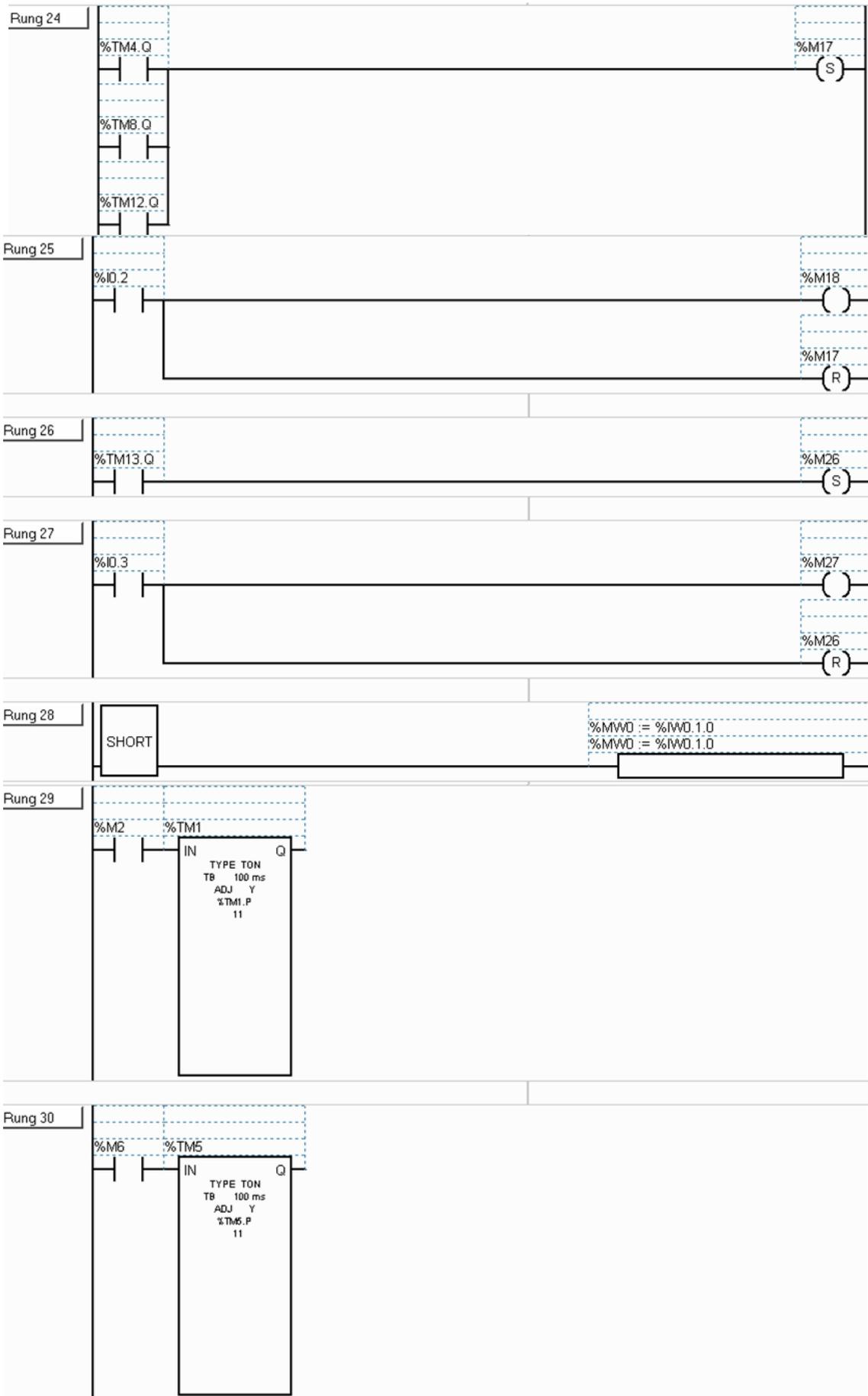
Anexo 1

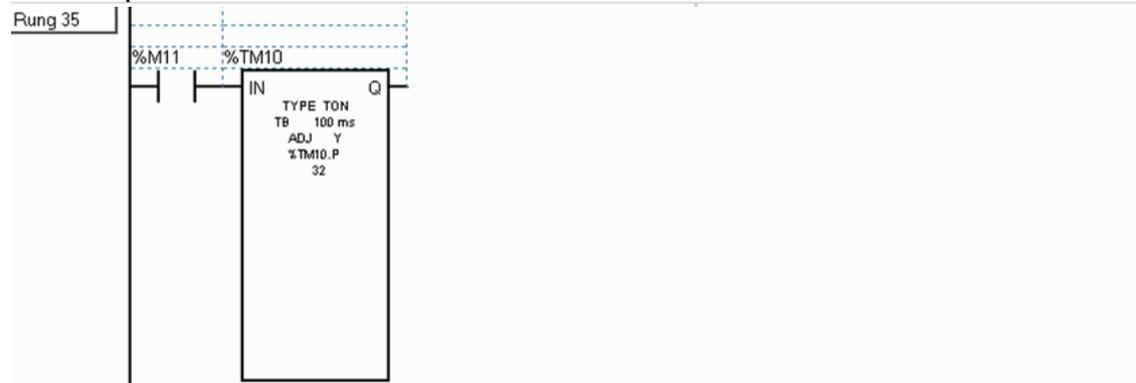
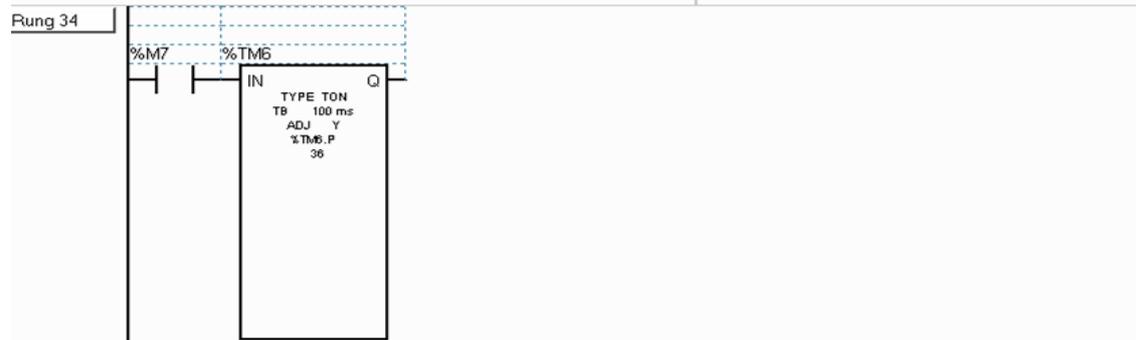
Programación Ladder

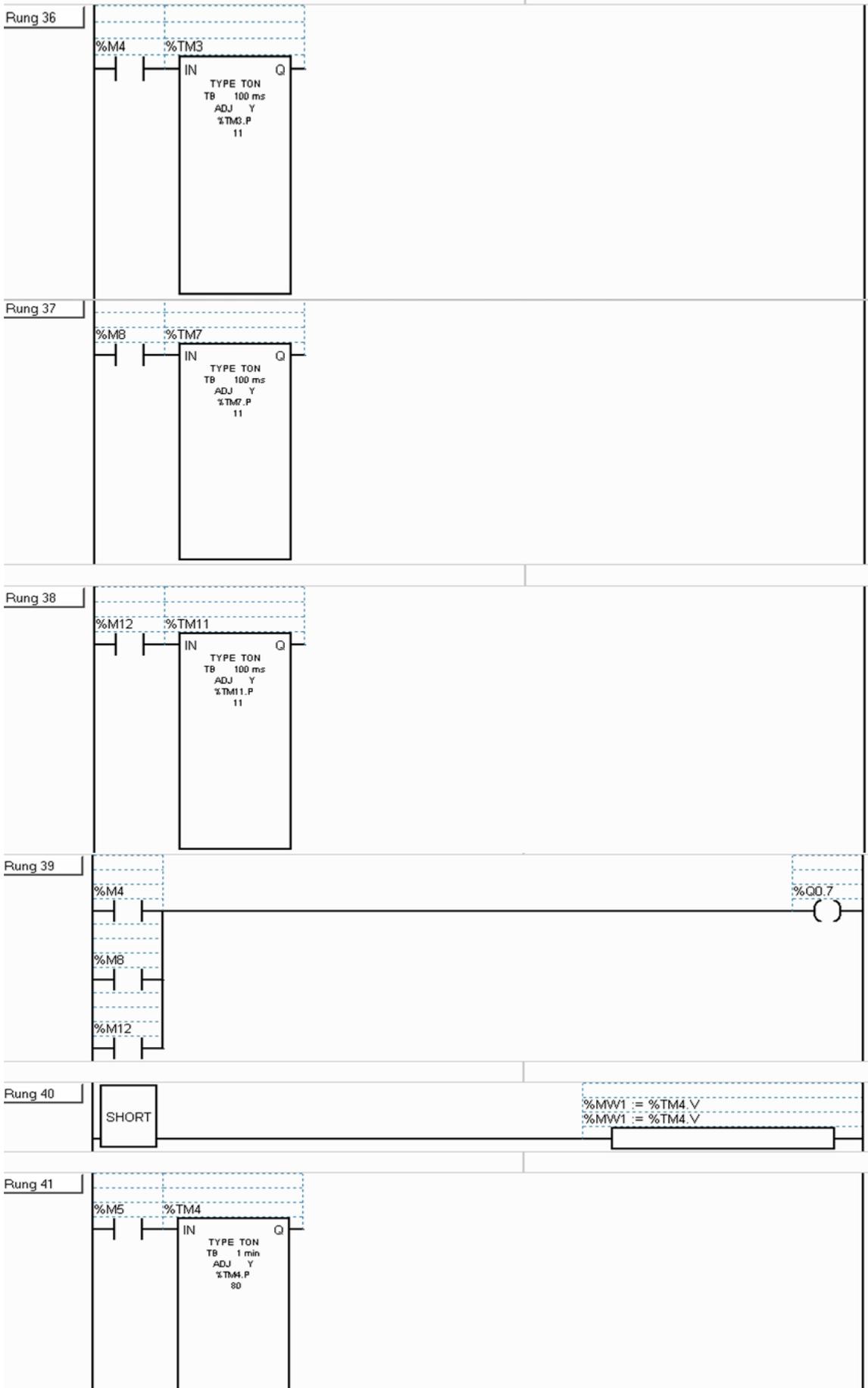


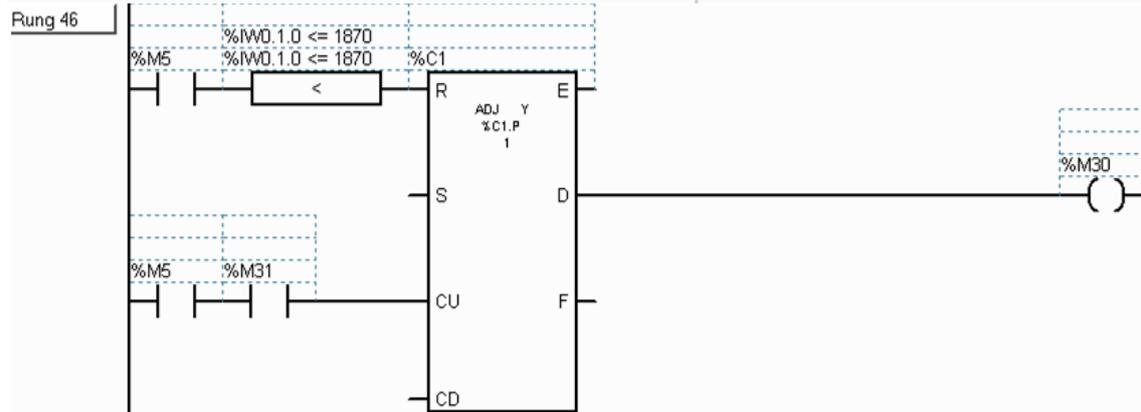
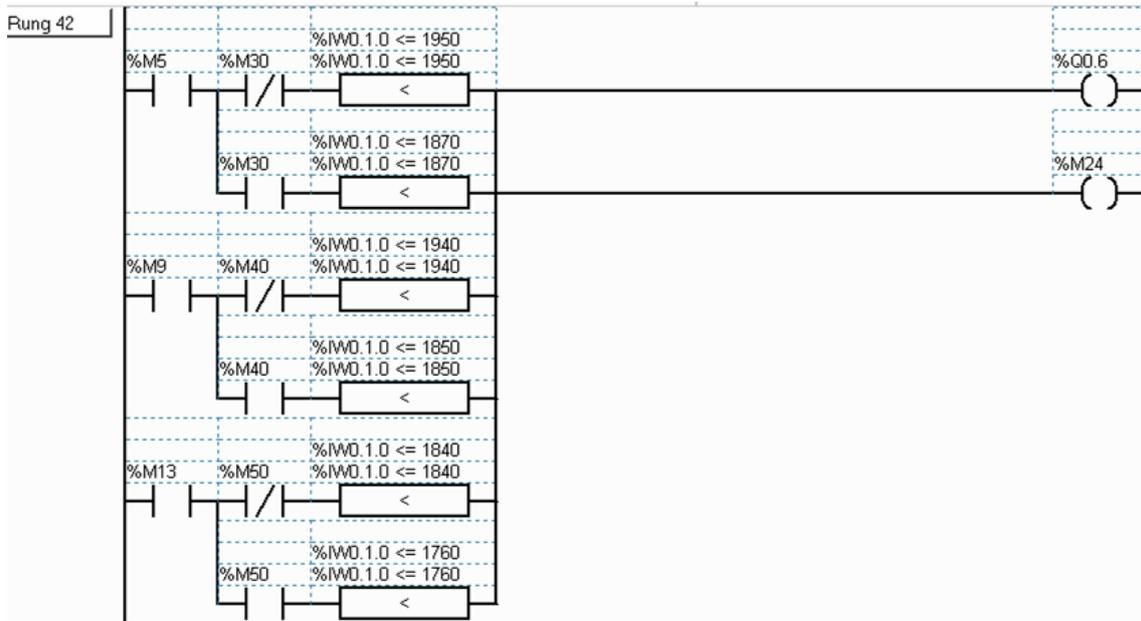


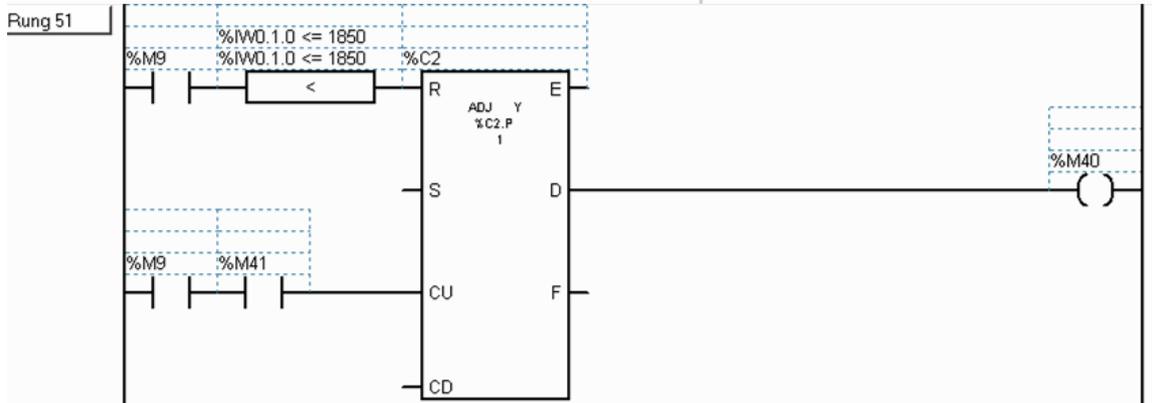


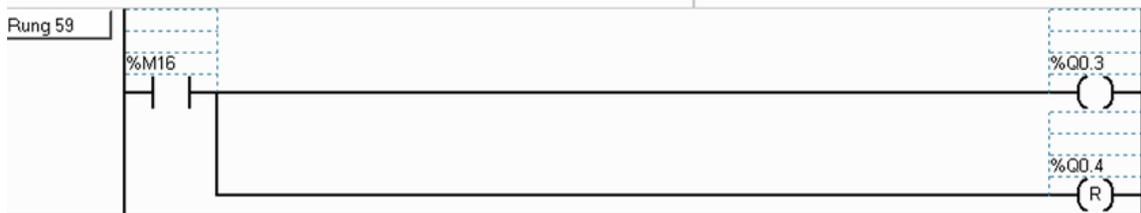
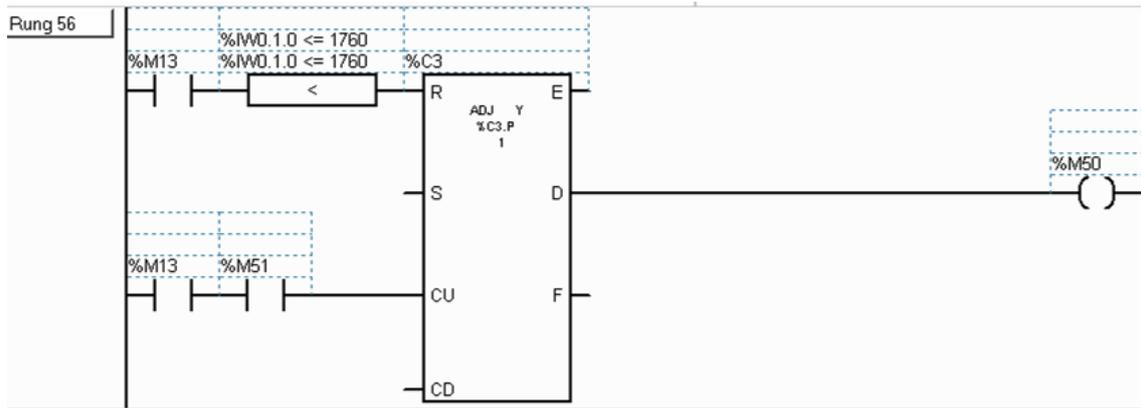












Anexo 2

Análisis de precios unitarios (APU), Presupuesto.

INSTITUCION .. ESPOCH
PROYECTO TOSTADORA DE GRANOS
UBICACION RIOBAMBA
OFERENTE CLIENTE FINAL
ELABORADO POR: NELSON RON FERNANDO BONILLA
FECHA 04 DE ABRIL 2011

P R E S U P U E S T O

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	SISTEMA HORNO	u	1	521.42	521.42
2	SISTEMA BOMBO	u	1	519.24	519.24
3	SISTEMA VARIADOR	u	1	750.62	750.62
4	SISTEMA CONTROL	u	1	140.80	140.80
					=====
					TOTAL = 1,932.08

Anexo 3

Análisis de precios unitarios (APU), Sistema Horno.

PROYECTO: TOSTADORA DE GRANOS
FECHA : 03 DE ABRIL 2011
ITEM : 1
RUBRO : SISTEMA HORNO
UNIDAD : u
ESPEC:

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
CHAPA	u	2	4.50	9.00
PINTURA	gl	1	15.00	15.00
PLATINA 20X3	m	3	0.80	2.40
RESISTTENCIA ELEC	u	1	100.00	100.00
ANGULO 25X25X3	m	6	1.50	9.00
TOL DE 6	m2	0.25	50.00	12.50
ELECTRODO 6011	lb	3	1.35	4.05
FINAL DE CARRERA	u	2	12.83	25.66
CABLE 3X10	m	6	4.25	25.50
TERMINAL OJO #8	u	8	0.18	1.44
ACRILICO	m2	0.25	50.00	12.50
AISLANTE ELECTRICO	u	4	0.40	1.60
PERNOS M11X25	u	4	0.40	1.60
MASILLA PLASTICA	lt	1	6.00	6.00
SECANTE	u	1	0.80	0.80
LIJA HIERRO	u	20	0.50	10.00
EJE HORNO	u	2	10.00	20.00

257.05

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTASHORAS-EQUIPCOSTOxHORA	SUBTOTAL
SOLDADORA AC	5 4.00 20.00
AMOLADORA	3 1.00 3.00
TALADRO	3 1.00 3.00
ALICATE	1 0.75 0.75
JUEGO LLAVES MIXTAS	1 3.50 3.50
COMPRESOR	1 1.00 1.00
SOPLETE	1 1.00 1.00
LLAVES HEXAGONALES	1 3.00 3.00
DESTORNILLADOR ESTRELLA	1 0.35 0.35
TORNO	1 10.00 10.00

45.60

C.- MANO DE OBRA	CATEG	HORAS-HOMBRE	COSTOxHORA	SUBTOTAL
SOLDADOR	C2	6	5.00	30.00
CERRAJERO	D2	10	4.00	40.00
PINTOR A SOPLETE	D2	2	2.00	4.00
TORNERO	C2	1	10.00	10.00

84.00

D.- TRANSPORTE	UNID.	CANTIDAD	PREC.TRASP	SUBTOTAL
CHAPA	u	2	1.00	2.00
PINTURA	gl	1	0.08	0.08
PLATINA 20X3	m	3	0.50	1.50
RESISTENCIA ELECTRICu		1	2.00	2.00
ANGULO 25X25X3	m	6	0.33	1.98
TOL DE 6	m2	0.25	2.00	0.50
ELECTRODO 6011	lb	3	0.33	0.99
FINAL DE CARRERA	u	2	0.125	0.25
CABLE 3X10	m	6	0.125	0.75
TERMINAL OJO #8	u	8	0.125	1.00
ACRILICO	m2	0.25	2.00	0.50
AISLANTE ELECTRICO	u	4	0.20	0.80
PERNOS M11X25	u	4	0.083	0.33
MASILLA PLASTICA	lt	1	0.08	0.08
SECANTE	u	1	0.08	0.08
LIJA HIERRO	u	20	0.08	1.60

				14.44

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	401.09
COSTOS INDIRECTOS 30 %	120.33
PRECIO UNITARIO	521.42

OBSERVAC:

Anexo 4

Análisis de precios unitarios (APU), Sistema Bombo.

_W_ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)_W_

PROYECTO: TOSTADORA DE GRANOS
FECHA : 03 DE ABRIL 2011
ITEM : 2
RUBRO : SISTEMA BOMBO
UNIDAD : u
ESPEC:

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
OLLA #30	u	2	32.00	64.00
EJE BOMBO	u	1	18.00	18.00
PLATINA 25X2	m	1	0.80	0.80
PERNO M8X50	u	16	0.40	6.40
CHUMACERA UPC 204 12u	u	1	1.00	1.00
CHAVETA	u	1	3.00	3.00
ELECTRODO ALUMINIO	u	3	0.45	1.35
MOTOREDUCTOR HYPONICu	u	1	224.00	224.00
CABLE 3X14	m	4	2.00	8.00
TERMINAL AISL #16	u	6	0.07	0.42
PERNO M8X100	u	4	0.65	2.60

329.57

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	HORAS-EQUIP	COSTOxHORAS	SUBTOTAL
SOLDADORA DC	1	6.00	6.00
AMOLADORA	1	1.00	1.00
TALADRO	1	1.00	1.00
JUEGO LLAVES MIXTAS	1	3.50	3.50
LLAVES HEXAGONALES	1	3.00	3.00
TORNO	1	10.00	10.00

24.50

C.- MANO DE OBRA	CATEG	HORAS-HOMBRE	COSTOxHORA	SUBTOTAL
SOLDADOR	C2	1	5.00	5.00
MECANICO TORNERO	D2	1	5.00	5.00
ELECTRICISTA	C2	1	5.00	5.00
TORNERO	C2	1	10.00	10.00

25.00

D.- TRANSPORTE	UNID.	CANTIDAD	PREC. TRASP	SUBTOTAL
OLLA #30	u	2	1.00	2.00
EJE BOMBO	u	1	0.50	0.50
PLATINA 25X2	m	1	0.50	0.50
PERNO M8X50	u	16	0.083	1.33
CHUMACERA UPC 204 12	u	1	2.00	2.00
CHAVETA	u	1	2.00	2.00
ELECTRODO ALUMINIO	u	3	0.33	0.99
MOTOREDUCTOR HYPONIC	u	1	10.00	10.00
CABLE 3X14	m	4	0.032	0.13
TERMINAL AISL #16	u	6	0.095	0.57
PERNO M8X100	u	4	0.083	0.33

				20.35

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	399.42
COSTOS INDIRECTOS 30 %	119.83
PRECIO UNITARIO	519.24

OBSERVAC:

Anexo 5

Análisis de precios unitarios (APU), Sistema Variador.

_W_ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)_W_

PROYECTO: TOSTADORA DE GRANOS
FECHA : 03 DE ABRIL 2011
ITEM : 3
RUBRO : SISTEMA VARIADOR
UNIDAD : u
ESPEC:

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
VDF ATV 11	u	1	300.00	300.00
RELE 24V 4P	u	3	25.00	75.00
CABLE #18	m	15	0.25	3.75
TABLERO	u	1	30.00	30.00
SELECTOR 4P	u	1	11.00	11.00
RELAY 24V 2P	u	8	3.00	24.00
CINTA AISLANTE	u	2	1.00	2.00
BAQUELITA	u	1	1.00	1.00
LAMINA A4 VINIL	u	1	1.50	1.50
TERMINAL AISL #12	u	6	0.10	0.60
TERMINAL AISL #16	u	30	0.07	2.10
RIEL DIN	u	1	1.50	1.50
TORNILLO AUTOROSCABLE	u	20	0.05	1.00
FUENTE 24V 3A	u	1	38.50	38.50

				491.95

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	HORAS-EQUIP	COSTO×HORAS	SUBTOTAL
DESTORNILLADOR ESTRELLA	1	0.35	0.35
DESTORNILLADOR PLANO	1	0.50	0.50
CAUTIN	1	4.50	4.50
ALICATE	1	0.75	0.75

			6.10

C.- MANO DE OBRA	CATEG	HORAS-HOMBRE	COSTO×HORA	SUBTOTAL
ELECTRICISTA	C2	4	5.00	20.00
ING. ELECTRONICO	B2	3	15.00	45.00

				65.00

D.- TRANSPORTE	UNID.	CANTIDAD	PREC. TRASP	SUBTOTAL
VDF ATV 11	u	1	2.00	2.00
RELE 24V 4P	u	3	0.66	1.98
CABLE #18	m	15	0.09	1.35
TABLERO	u	1	2.00	2.00
SELECTOR 4P	u	1	0.032	0.03
RELAY 24V 2P	u	8	0.09	0.72
CINTA AISLANTE	u	2	0.032	0.06
BAQUELITA	u	1	0.10	0.10
LAMINA A4 VINIL	u	1	0.50	0.50
TERMINAL AISL #12	u	6	0.09	0.54
TERMINAL AISL #16	u	30	0.095	2.85
RIEL DIN	u	1	0.032	0.03
TORNILLO AUTOROSCABLE	u	20	0.10	2.00
FUENTE 24V 3A	u	1	0.18	0.18

14.35

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	577.40
COSTOS INDIRECTOS 30 %	173.22
PRECIO UNITARIO	750.62

OBSERVAC:

Anexo 6

Análisis de precios unitarios (APU), Sistema Control.

_W_ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)_W_

PROYECTO: TOSTADORA DE GRANOS
FECHA : 03 DE ABRIL 2011
ITEM : 4
RUBRO : SISTEMA CONTROL
UNIDAD : u
ESPEC:

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
CABLE #18	m	15	0.25	3.75
TIMER	u	3	15.00	45.00
CONTACTOR LG GMC 9	u	1	9.82	9.82
CHAPA PALETA	u	1	1.75	1.75
FUSIBLE 5A	u	10	0.12	1.20
CINTA ESPIRAL	m	12	0.45	5.40
CANALETA	u	1	3.20	3.20
TERMINAL AISL #16	u	40	0.07	2.80

				72.92

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	HORAS-EQUIP	COSTOxHORAS	SUBTOTAL
DESTORNILLADOR PLANO	1	0.50	0.50
DESTORNILLADOR ESTRELLA	1	0.35	0.35
ALICATE	1	0.75	0.75

			1.60

C.- MANO DE OBRA	CATEG	HORAS-HOMBRE	COSTOxHORA	SUBTOTAL
ELECTRICISTA	C2	5	5.00	25.00

				25.00

D.- TRANSPORTE	UNID.	CANTIDAD	PREC.TRASP	SUBTOTAL
CABLE #18	m	15	0.09	1.35
TIMER	u	3	0.20	0.60
CONTACTOR LG GMC 9	u	1	0.032	0.03
CHAPA PALETA	u	1	0.095	0.10
FUSIBLE 5A	u	10	0.18	1.80
CINTA ESPIRAL	m	12	0.09	1.08
CANALETA 25X25	u	1	0.032	0.03
TERMINAL AISL #16	u	40	0.095	3.80

				8.79

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)		108.31
COSTOS INDIRECTOS 30 %		32.49
PRECIO UNITARIO		140.80

OBSERVAC:

Anexo 7

Análisis de precios unitarios (APU), Mano de obra.

LISTA DE MANO DE OBRA

D E S C R I P C I O N	CAT.	SAL.REALxHORA	HOR-HOMBRE	TOTAL
ING. ELECTRONICO	B2	15.00	3.00	45.00
ELECTRICISTA	C2	5.00	10.00	50.00
SOLDADOR	C2	5.00	7.00	35.00
PINTOR A SOPLETE	D2	2.00	2.00	4.00
MECANICO TORNERO	D2	5.00	1.00	5.00
CERRAJERO	D2	4.00	10.00	40.00
TORNERO	C2	10.00	2.00	20.00
				=====
				TOTAL = 199.00

Anexo 8

Análisis de precios unitarios (APU), Materiales.

LISTA DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNID.	PRECIO UNIT	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
ACRILICO	m2	50.00	0.25		12.50
AISLANTE ELECTRICO	u	0.40	4.00		1.60
ANGULO 25X25X3	m	1.50	6.00		9.00
BAQUELITA	u	1.00	1.00		1.00
CABLE #18	m	0.25	30.00		7.50
CABLE 3X10	m	4.25	6.00		25.50
CABLE 3X14	m	2.00	4.00		8.00
CANALETA RANURADA	u	3.20	1.00		3.20
CHAPA	u	4.50	2.00		9.00
CHAPA PALETA	u	1.75	1.00		1.75
CHAVETA	u	3.00	1.00		3.00
CHUMACERA UPC 204	u	1.00	1.00		1.00
CINTA AISLANTE	u	1.00	2.00		2.00
CINTA ESPIRAL	m	0.45	12.00		5.40
CONTACTOR LG GMC 9	u	9.82	1.00		9.82
EJE BOMBO	u	18.00	1.00		18.00
EJE HORNO	u	10.00	2.00		20.00
ELECTRODO 6011	lb	1.35	3.00		4.05
ELECTRODO ALUMINIO	u	0.45	3.00		1.35
FINAL DE CARRERA	u	12.83	2.00		25.66
FUENTE 24V 3A	u	38.50	1.00		38.50
FUSIBLE 5A	u	0.12	10.00		1.20
LAMINA A4 VINIL	u	1.50	1.00		1.50
LIJA HIERRO	u	0.50	20.00		10.00
MASILLA PLASTICA	lt	6.00	1.00		6.00
MOTOREDUCTOR HYP	u	224.00	1.00		224.00
OLLA #30	u	32.00	2.00		64.00
PERNO M8X100	u	0.65	4.00		2.60
PERNO M8X50	u	0.40	16.00		6.40
PERNOS M11X25	u	0.40	4.00		1.60
PINTURA	gl	15.00	1.00		15.00
PLATINA 20X3	m	0.80	3.00		2.40
PLATINA 25X2	m	0.80	1.00		0.80
RELAY 24V 2P	u	3.00	8.00		24.00
RELE 24V 4P	u	25.00	3.00		75.00
RESISTENCIA ELECT	u	100.00	1.00		100.00
RIEL DIN	u	1.50	1.00		1.50
SECANTE	u	0.80	1.00		0.80
SELECTOR 4P	u	11.00	1.00		11.00
TABLERO	u	30.00	1.00		30.00
TERMINAL AISL #12	u	0.10	6.00		0.60
TERMINAL AISL #16	u	0.07	76.00		5.32
TERMINAL OJO #8	u	0.18	8.00		1.44
TIMER	u	15.00	3.00		45.00

TOL DE 6	m2	50.00	0.25	12.50
TORNILLO	u	0.05	20.00	1.00
VDF ATV 11	u	300.00	1.00	300.00
				=====
				TOTAL = 1,151.49

Anexo 9

Análisis de precios unitarios (APU), Equipo.

LISTA DE EQUIPO

DESCRIPCION	COSTOxHORA	HORAS-EQUIPO	TOTAL
ALICATE	0.75	3.00	2.25
AMOLADORA	1.00	4.00	4.00
CAUTIN	4.50	1.00	4.50
COMPRESOR	1.00	1.00	1.00
DESTORNILLADOR ESTRELLA	0.35	3.00	1.05
DESTORNILLADOR PLANO	0.50	2.00	1.00
JUEGO LLAVES MIXTAS	3.50	2.00	7.00
LLAVES HEXAGONALES	3.00	2.00	6.00
SOLDADORA AC	4.00	5.00	20.00
SOLDADORA DC	6.00	1.00	6.00
SOPLETE	1.00	1.00	1.00
TALADRO	1.00	4.00	4.00
TORNO	10.00	2.00	20.00
			=====
			TOTAL = 77.80

Anexo 10

Análisis de precios unitarios (APU), Transporte de materiales.

TRANSPORTE DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNID.	PRECIO TRANSP	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
ACRILICO	m2	2.00	0.25	0.50
AISLANTE ELECT	u	0.20	4.00	0.80
ANGULO 25X25X3	m	0.33	6.00	1.98
BAQUELITA	u	0.10	1.00	0.10
CABLE #18	m	0.09	30.00	2.70
CABLE 3X10	m	0.13	6.00	0.75
CABLE 3X14	m	0.03	4.00	0.13
CANALETA RAN	u	0.03	1.00	0.03
CHAPA	u	1.00	2.00	2.00
CHAPA PALETA	u	0.10	1.00	0.10
CHAVETA	u	2.00	1.00	2.00
CHUMACERA	u	2.00	1.00	2.00
CINTA AISLANTE	u	0.03	2.00	0.06
CINTA ESPIRAL	m	0.09	12.00	1.08
CONTACTOR LG	u	0.03	1.00	0.03
EJE	u	0.00	2.00	0.00
EJE BOMBO	u	0.50	1.00	0.50
ELECTRODO 6011	lb	0.33	3.00	0.99
ELECTRODO ALUM	u	0.33	3.00	0.99
FINAL CARRERA	u	0.13	2.00	0.25
FUENTE 24V 3A	u	0.18	1.00	0.18
FUSIBLE 5A	u	0.18	10.00	1.80
LAMINA A4 VINIL	u	0.50	1.00	0.50
LIJA HIERRO	u	0.08	20.00	1.60
MASILLA PLAST	lt	0.08	1.00	0.08
MOTOREDUCTOR	u	10.00	1.00	10.00
OLLA #30	u	1.00	2.00	2.00
PERNO M8X100	u	0.08	4.00	0.33
PERNO M8X50	u	0.08	16.00	1.33
PERNOS M11X25	u	0.08	4.00	0.33
PINTURA	gl	0.08	1.00	0.08
PLATINA 20X3	m	0.50	3.00	1.50
PLATINA 25X2	m	0.50	1.00	0.50
RELAY 24V 2P	u	0.09	8.00	0.72
RELE 24V 4P	u	0.66	3.00	1.98
RESIST ELECT	u	2.00	1.00	2.00
RIEL DIN	u	0.03	1.00	0.03
SECANTE	u	0.08	1.00	0.08
SELECTOR 4P	u	0.03	1.00	0.03
TABLERO	u	2.00	1.00	2.00
TERMINAL #12	u	0.09	6.00	0.54
TERMINAL #16	u	0.10	76.00	7.22
TERMINAL #8	u	0.13	8.00	1.00
TIMER	u	0.20	3.00	0.60

TOL DE 6	m2	2.00	0.25	0.50
TORNILLO	u	0.10	20.00	2.00
VDF ATV 11	u	2.00	1.00	2.00
				=====
				TOTAL = 57.93

Anexo 11

Fórmula de reajuste.

C	COMBUSTIBLE	10.85839975729585
E	EQUIPO	70.5795974111557
M	MATERIAL	383.85
ME	MATERIAL ELECTRICO	705.74
MM	MANTENIMIENTO MECANICO	14.93029991909862
MO	MANO DE OBRA	199
MP	MATERIAL PINTURA	31.8
MS	MATERIAL SOLDADURA	30.1
R	REPUESTO	35.28979870557785
V	VARIOS	4.071899908985943

PLANOS