



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO PARA EL PROCESO DE
VITRIFICAR CERÁMICA EN EL TALLER ARTESANAL WORLD
CERAMIC UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL
PERIODO 2013-2014”**

Tesis presentada previo a la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica

Autores:

Guanoluisa Basantes Jimmy Alexander

León Quispe Franklin Javier

Director:

Ing. Medina Parraga Jorge Aníbal

Asesor Técnico:

Ing. Cevallos Betún Segundo Ángel

Latacunga – Ecuador

Noviembre-2014





FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- Guanoluisa Basantes Jimmy Alexander
- León Quispe Franklin Javier

Con la tesis, cuyo título es: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO PARA EL PROCESO DE VITRIFICAR CERÁMICA EN EL TALLER ARTESANAL WORLD CERAMIC UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2013-2014”**

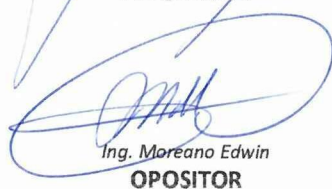
Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 14 de noviembre del 2014.

Para constancia firman:


Msc. Armas Hugo
PRESIDENTE


Ing. Moreano Edwin
OPOSITOR


Ing. Mullo Alvaro
MIEMBRO


Ing. Medina Jorge
TUTOR (DIRECTOR)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación “AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO PARA EL PROCESO DE VITRIFICAR CERÁMICA EN EL TALLER ARTESANAL WORLD CERAMIC UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2013-2014”, son exclusiva responsabilidad de Los autores.

Guanoluisa Basantes Jimmy Alexander
CI: 0502594435

León Quispe Franklin Javier
CI: 0503248767

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes Guanoluisa Basantes Jimmy Alexander y León Quispe Franklin Javier, han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO PARA EL PROCESO DE VITRIFICAR CERÁMICA EN EL TALLER ARTESANAL WORLD CERAMIC UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2013-2014”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 21 de noviembre del 2014

EL DIRECTOR



Ing. Medina Parraga Jorge Anibal.

C.C. #050158626-7

DIRECTOR DE TESIS

AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes Guanoluisa Basantes Jimmy Alexander y León Quispe Franklin Javier, han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO PARA EL PROCESO DE VITRIFICAR CERÁMICA EN EL TALLER ARTESANAL WORLD CERAMIC UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2013-2014”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 21 de noviembre del 2013

ASESOR METODOLÓGICO



.....

Ing. Cevallos Betún Segundo Ángel.

C.C. # 050178243-7

ASESOR METODOLÓGICO DE LA TESIS



WORLD CERAMIC

ARTE EN NUESTRAS MANOS

Elaboración de figuras, piezas decorativas, publicitarias, y todo lo relacionado en el arte de la cerámica

CERTIFICADO

Yo, **Jimmy Guanoluisa** Con cedula de identidad # 050259443-5 en calidad de **PROPIETARIO DEL TALLER ARTESANAL WORLD CERAMIC** a petición verbal de los interesados.

Certifico que el grupo de tesis de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la carrera en Ingeniería en Electromecánica, conformado por Franklin Javier León Quispe con CI 050324876-7 y mi Persona realizaron la automatización del horno para el proceso de vitrificar cerámica en mi taller cumpliendo con todas las expectativas planteadas.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo los interesados hacer uso de este documento como estimen conveniente

Latacunga, 21 de noviembre del 2014



Jimmy Guanoluisa
Gerente General
CI: 0502594435

Dirección: Simón Rodríguez y la Florida

Contactos: 032270389 - 0983191777 -0992787824

E-mail: jimmy_guanoluisa@hotmail.com marisol05_js@hotmail.com

AGRADECIMIENTO

Al apoyo desinteresado de mis profesores que me compartieron su conocimiento a lo largo de ésta etapa en mi vida, en especial a nuestro director Ing. Jorge Medina. A mis compañeros y amigos que me impulsaron para culminar la meta juntos, superando los obstáculos que se presentaron a lo largo de nuestra formación, brindándome su apoyo incondicional no solo dentro de las aulas, sino fuera de ellas. A mis Padres y hermanos que con ese granito de arena fueron parte fundamental para completar este desafío y hacer de este sueño una realidad.

Jimmy Guanoluisa

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia quienes me motivaron con una palabra de aliento cuando me sentía derrotado, aquellas personas allegadas a mí, que con sus consejos hicieron que continuara en el camino de superación desde la escuela continuando en el colegio y finalmente en la universidad.

A mis profesores quienes compartieron su conocimiento y experiencias para poder seguir en el camino profesional.

**Con cariño, agradecimiento
y respeto.**

Javier León.

DEDICATORIA

A la inspiración que día a día me roba una sonrisa y es el motor de mi vida, a la razón para ser mejor, levantándome de los golpes que me dio la vida, tratando de ser una persona íntegra, intentando ser el ejemplo que tú mereces, a ti hijo mío que eres el insuperable regalo que Dios me envió, y entender así que es la felicidad. Que junto a una gran mujer me acompañaron e iluminaron y me enseñaron el verdadero valor de entrega y sacrificio que se debe hacer por ustedes MI FAMILIA.

Jimmy Guanoluisa

DEDICATORIA.

Este trabajo está dedicado a Dios, a mis padres y a la mujer que Dios me envió para estar a mi lado, quien con su apoyo, cariño, amor, e infinita paciencia supo ayudarme en esta etapa de mi vida llenándome de motivación cada día para poder superarme. A Dios, porque ha estado conmigo en todo momento cuidándome y dándome fuerza para continuar, a mis padres, porque han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su confianza, en cada reto que se me ha presentado. Es por ellos que he podido ir avanzando en la vida y realizando mis sueños.

Javier León.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada-----	i
Aprobacion del tribunal de grado-----	ii
Autoría-----	iii
Aval Del Director De Tesis-----	iv
Aval Del Asesor Metodológico-----	v
Certificado De Implementación-----	vi
Agradecimiento-----	vii
Dedicatoria-----	ix
Índice De Contenidos-----	xi
Índice De Tablas-----	xvii
Índice De Cuadros-----	xix
Índice De Figuras-----	xx
Resumen-----	xxiii
Abstract-----	xxiv
Certificación De Traducción-----	xxv
Introducción-----	xxvi

CAPÍTULO I

Marco Teórico-----	1
1 Elaboración De Cerámica-----	1
1.1 Proceso De Vitrificar Cerámica.-----	3
1.1.1 Materias Primas Para La Elaboración De Cerámica-----	5
1.1.2 Cocción De La Cerámica-----	6
1.1.3 Tipos De Hornos Para Cerámica-----	6
1.2 sistemas Que Intervienen En El Proceso De La Vitrificación-----	6
1.2.1 Sistema De Combustión-----	7
1.2.1.1 Factores De La Combustión.-----	8
1.2.1.2 Proceso De Calentamiento-----	8
1.2.1.3 Gas Licuado De Petróleo Glp-----	8

1.2.1.4 Quemadores -----	9
1.2.1.5 Efecto De La Presión.-----	10
1.2.1.6 Cálculo De La Potencia De Los Quemadores-----	11
1.2.1.7 Calculo Del Diámetro De La Tubería Matriz -----	12
1.2.2 Cámara De Combustión -----	12
1.2.2.1 Pérdida A Través De Las Paredes; -----	14
1.2.2.2 Temperatura-----	14
1.2.2.3 Parámetros Térmicos.-----	15
1.2.2.4 Calor Almacenado En Las Paredes Del Horno -----	15
1.2.2.5 Calor Perdido Por Las Paredes Del Horno -----	16
1.2.2.6 Transmisión De Calor A Través De Las Paredes De Un Horno. -----	17
1.2.2.7 Estructura Cilíndrica Del Horno-----	19
1.2.2.8 Área Del Cilindro-----	20
1.2.2.9 Temperatura De Trabajo Del Horno Para Vitriificar Cerámica. -----	21
1.2 Automatización -----	21
1.2.3.1 Tipos De Control -----	22
1.2.3.2 Elementos En Un Sistema De Control.-----	22
1.2.3.3 Acciones Básicas De Control -----	23
1.2.3.4 Regulador Tipo P-----	24
1.2.3.5 Materiales Utilizados Para La Automatización-----	25
1.2.3.6 Plc-----	25
1.2.3.7 Hmi (Human Machine Interface)-----	26
1.2.3.8controlador De Temperatura. -----	27
1.2.3.9fuente 110 V A 24 V-----	28
1.2.4 Sensor De Llama-----	30
1.2.4.1 Selector Dos Posiciones. -----	31
1.2.4.2 Pulsadores-----	31
1.2.4.3 Pulsador De Emergencia O Parada. -----	32
1.2.4.4 Luz Piloto -----	32
1.2.4.5 Relés -----	33
1.2.4.6 Fusibles-----	33
1.2.4.7 Sensor De Temperatura (Termocupla) -----	34

1.2.4.8 Reductor De Presión -----	34
1.2.4.9 Electroválvulas-----	35
1.2.5 Transformador-----	36
1.2.5.1 Motor A Pasos.-----	36
1.2.5.2 Torque Necesario Para Abrir La Válvula Manual-----	38
1.2.5.3 Drive -----	39
1.2.5.4 Sensor De Proximidad-----	40
1.2.5.5 Cable Flexible-----	41

CAPÍTULO II

2 Antecedentes-----	42
2.1.1 Misión-----	43
2.1.2 Visión-----	43
2.2 Diseño Metodológico-----	44
2.2.1 Método De Investigación-----	44
2.2.2Tipos De Investigación -----	44
2.2.2.1Investigación Documental -----	44
2.2.2.2 Investigación Descriptiva -----	45
2.2.2.3 Investigación De Campo -----	45
2.2.3Técnicas -----	46
2.2.3.1La Observación -----	46
2.2.3.2La Medición-----	46
2.3.1 Hipótesis-----	46
2.4.2 Variables De Investigación -----	47
2.5 Análisis De Resultados Obtenidos-----	48
2.5.1 Vitrificación De Biscocho-----	48
2.5.2 Parámetros Específicos Del Proceso De Vitrificación En Biscocho-----	49
2.5.3 Curva Térmica Biscocho -----	50
2.6.1 Proceso De Vitrificación Del Esmalte -----	51
2.6.2 Parámetros Específicos Del Proceso De Vitrificación De Esmalte -----	52
2.6.3 Curva Térmica Esmalte-----	53
2.7.1 Proceso De Vitrificación Acabados -----	54

2.7.2	Parámetros Específicos Del Proceso De Vitrificación Acabados-----	55
2.7.3	Curva Térmica Acabados-----	56

CAPÍTULO III

	Presentación De La Propuesta-----	58
3	Objetivos De La Propuesta -----	58
3.1.1	Objetivo General -----	58
3.1.2	Objetivos Específicos -----	58
3.2	Factibilidad De La Automatización-----	59
3.2.1	Factibilidad Técnica-----	59
3.2.2	Factibilidad Económica -----	59
3.2.3	Factibilidad Operacional -----	61
3.3	Desarrollo De La Propuesta -----	61
3.3.1	Re Potenciación De La Parte Mecánica -----	62
3.3.1.1	Cálculo Del Diámetro De La Tubería -----	63
3.3.1.2	Cálculo De La Potencia De Los Quemadores-----	64
3.3.1.3	Cálculos De La Cámara De Combustión -----	65
3.3.1.4	Cálculo Para La Base Del Horno -----	65
3.3.1.5	Resistividad De La Base -----	67
3.3.2	Diseño Esquemático Eléctrico-----	71
3.3.2.1	Requerimientos Eléctricos. -----	72
3.4	Construcción De La Propuesta-----	84
3.4.1	Tablero De Control -----	84
3.4.1.1	Conexión Interna Del Tablero De Control-----	84
3.4.2	Estructura Para El Encendido Automático -----	85
3.4.3	Sistema De Modulación -----	86
3.4.4	Algoritmo En La Programación Del Plc Para El Control Automático Del Proceso De Vitrificación De Cerámica-----	87
3.4.5	Programación Del (Hmi) -----	89
3.4.6	Descripción Del Software Xc Series Y Programación Plc-----	90
3.4.6.1	Descripción De Iconos Específicos Para Programción. -----	90
3.4.6.2	Identificación De Entradas De La Programación -----	93

3.4.6.3 Identificación De Salidas De La Programación -----	94
3.4.6.4 Identificación Señales Adicionales De La Programación -----	94
3.4.7 Programación Del Plc Para La Automatización -----	95
3.4.7.1 Control Manual -----	96
3.4.7.2 Programación Sensor De Llama. -----	96
3.4.7.3 Programación Del Motor Paso. -----	97
3.4.7.4 Programación Automática -----	97
3.4.7.5 Programación Del Motor A Pasos Posición 0. -----	99
3.4.7.6 Programación De Las Aperturas Y Tiempos-----	100
3.4.7.7 Descripción Del Software Y Programación Hmi-----	100
3.4.7.8 Programación De Pantalla Principal -----	101
3.4.7.9 Programación Del Ingreso De Tiempos-----	101
3.4.8.1 Programación Del Ingreso De Pasos -----	102
3.4.8.2 Programación De Almacenaje De Datos-----	102
3.4.8.3 Monitoreo De La Apertura De La Modulación-----	103
3.4.8.4 Instalación Del Tablero De Control-----	103
3.4.9 Montaje Del Sistema Del Sistema Y Horno -----	104
3.4.9.1 Aislamiento Térmico De La Cámara De Combustión-----	104
3.4.9.2 Corriente Máxima Consumida Por El Tablero Elementos Adicionales-	105
3.5 Discusión De Resultados Obtenidos De La Propuesta -----	106
3.5.1 Pruebas De Vitrificación Realizadas Después Implementar El Proyecto. -	106
3.5.1.1 Vitrificación Del Biscocho -----	106
3.5.1.2 Vitrificación De Esmalte-----	108
3.5.1.3 Vitrificación De Acabados-----	109
3.5.2 Comparación Del Consumo De Glp Antes Y Después Del Proyecto-----	110
3.5.3 Comparación Del Tiempo De Vitrificación De Los Procesos -----	111
3.5.4 Eficiencia De La Cámara De Combustión -----	112
3.5.5 Calor Almacenado En Las Paredes Del Horno-----	113
3.5.6 Calor Perdido Por Las Paredes Del Horno-----	113
3.5.7 Eficiencia Del Horno-----	113
3.5.8 Recuperación Del Capital Invertido En El Proyecto-----	114
3.6 Conclusiones Y Recomendaciones -----	119

3.6.1 Conclusiones-----	119
3.6.2 Recomendaciones-----	120
3.7 Referencias Bibliográficas-----	121
3.8 Anexos-- -----	124

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1: Tiempo De Vitricación De La Cerámica -----	5
Tabla 1.2: Materias Primas Para Elaborar Cerámica-----	5
Tabla 1.3: Tipos De Hornos-----	6
Tabla 1.4: Poder Calorífico Del Glp -----	9
Tabla 1.5: Materiales Aislantes -----	18
Tabla 1.6: Conos Piro-Métricos Utilizados -----	21
Tabla 1.7: Compatibilidad Del Controlador De Temperatura-----	27
Tabla 1.8: Hoja De Conversión De Nm A Oz-In -----	38
Tabla 1.9: Especificaciones Técnicas Del Drive-----	40

CAPÍTULO II

Tabla 2.1: Variables De La Investigación-----	47
Tabla 2.2: Parámetros Generales De Trabajo Del Horno -----	48
Tabla 2.3: Proceso Detallado De La Vitricación En Biscocho-----	49
Tabla 2.4: Parámetros Generales De Trabajo Del Horno -----	51
Tabla 2.5: Proceso Detallado De La Vitricación Esmalte-----	52
Tabla 2.6: Parámetros Generales De Trabajo Del Horno -----	54
Tabla 2.7: Proceso Detallado De La Vitricación Acabados -----	55

CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Consumo Mensual De Combustible Glp-----	60
Tabla 3.2: Potencia De Quemadores -----	64
Tabla 3.3: Consumo De Quemadores-----	64
Tabla 3.4: Peso Total Que Soporta La Base Del Horno -----	67
Tabla 3.5: Equipos Y Materiales Necesarios Para La Automatización-----	72
Tabla 3.6: Transformación De Unidades Del Torque Del Otor-----	80
Tabla 3.7: Entradas Y Salidas Necesarias Para La Propuesta -----	81
Tabla 3.8: Iconos Específicos-----	91

Tabla 3.9: Identificación De Entradas -----	93
Tabla 3.10: Identificación De Salidas-----	94
Tabla 3.11: Identificación Señales Adicionales-----	95
Tabla 3.12: Corriente Total Consumida -----	105
Tabla 3.13: Vitrificación Del Biscocho Implementado El Proyecto -----	107
Tabla 3.14: Vitrificación Del Esmalte Implementado El Proyecto-----	108
Tabla 3.15: Vitrificación De Acabados Implementado El Proyecto -----	109
Tabla 3.16: Comparación Del Consumo De Glp -----	110
Tabla 3.17: Comparación Del Tiempo De Producción -----	111
Tabla 3.18: Ahorro Del Taller En Combustible-----	112
Tabla 3.19: Costo De Producción-----	115
Tabla 3.20: Producción Del Taller Artesanal-----	116
Tabla 3.21: Valor Actual Neto -----	117
Tabla 3.22: Taza Interna De Retorno -----	117
Tabla 3.23: Periodo De Recuperación De La Inversión-----	118

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO II

Cuadro 2.1: Curva Térmica Biscocho-----	50
Cuadro 2.2: Curva Térmica Esmalte -----	53
Cuadro 2.3: Curva Térmica Acabados -----	56

CAPÍTULO III

Cuadro 3.1: Consumo De Combustible Glp -----	110
Cuadro 3.2: Tiempo De Producción-----	111

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1.1: Elaboración De Cerámica -----	1
Figura 1.2: Sistema De Combustión-----	7
Figura 1.3: Quemadores A Gas-----	10
Figura 1.4: Equivalencia Del Glp-----	11
Figura 1.5: Sección Transversal De La Pared De Un Horno -----	13
Figura 1.6: Transferencia De Calor-----	17
Figura 1.7 Pared De Horno Compuesta-----	19
Figura. 1.8: Estructura Del Horno) -----	19
Figura 1.9: Descripción Del Cilindro -----	20
Figura 1.10: Regulador De Tipo P-----	24
Figura 1.11: Controlador Lógico Programable-----	26
Figura 1.12: Controlador De Temperatura -----	27
Figura 1.13: Fuente Logo Siemens -----	28
Figura 1.14: Hoja Técnica De La Fuente Logo A 24v-----	29
Figura 1.15: Sensor De Llama-----	30
Figura 1.16: Selector Dos Posiciones -----	31
Figura 1.17: Pulsadores -----	31
Figura 1.18: Pulsador De Emergencia -----	32
Figura 1.19: Luz Piloto -----	32
Figura 1.20: Relés-----	33
Figura 1.21: Fusibles -----	33
Figura 1.22: Termocupla -----	34
Figura 1.23: Reductor De Presión -----	35
Figura 1.24: Electroválvulas -----	35
Figura 1.25: Transformador-----	36
Figura 1.26: Hoja Técnica Del Motor A Pasos-----	37
Figura 1.27: Válvula Manual -----	39
Figura 1.28: Drive Para Motor A Pasos -----	39
Figura 1.29: Sensor De Proximidad -----	41

Figura 1.30: Cable Awg -----	41
------------------------------	----

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Re Potenciación De La Parte Mecánica-----	62
Figura 3.2: Resistividad De La Base -----	68
Figura 3.3: Plano Eléctrico-----	71
Figura 3.4: Termocupla-----	74
Figura 3.5: Ubicación De La Termocupla-----	74
Figura 3.6: Automatización Del Sistema De Combustión -----	75
Figura 3.7: Encendido Automático -----	76
Figura 3.8: Electroválvulas-----	76
Figura 3.9: Transformador -----	77
Figura 3.10: Modulación Del Sistema -----	78
Figura 3.11: Motor A Pasos-----	79
Figura 3.12: Drive -----	80
Figura 3.13 : Pantalla Hmi -----	82
Figura 3.14: Controlador De Temperatura -----	82
Figura 3.15: Fuente Logo Siemens -----	83
Figura 3.16: Sensor De Llama-----	83
Figura 3.17: Ubicación De Los Elementos Eléctricos -----	84
Figura 3.18: Conexiones Internas-----	85
Figura 3.19: Encendido Automático -----	86
Figura 3.20: Modulación -----	86
Figura 3.21: Descripción Del Software Plc -----	90
Figura 3.22: Programación Encendido-----	96
Figura 3.23: Programación Encendido De Llama -----	97
Figura 3.24: Programación Motor -----	97
Figura 3.25: Programación Automática Encendido -----	98
Figura 3.26: Programación Automática De La Modulación-----	99
Figura 3.27: Motor A Pasos Posición Cero -----	99
Figura 3.28: Programación De Datos -----	100

Figura 3.29: Software Hmi	100
Figura 3.30: Pantalla Principal	101
Figura 3.31: Tiempos Programables	101
Figura 3.32: Pasos Programables	102
Figura 3.33: Selección Programa	102
Figura 3.34: Monitoreo	103
Figura 3.35: Instalación Del Tablero	103
Figura 3.36: Montaje Del Sistema Y Horno	104
Figura 3.37: Aislamiento Térmico	104
Figura 3.38: Ubicación Termocupla	105



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

TEMA: “AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO PARA EL PROCESO DE VITRIFICAR CERÁMICA EN EL TALLER ARTESANAL WORLD CERAMIC UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2013-2014”

AUTORES: Guanoluisa Basantes Jimmy Alexander
León Quispe franklin Javier

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo automatizar un horno, en el cual se vitrifica cerámica, para lograr éste objetivo, dicho proceso requiere como primer paso ser sometido inicialmente a un calentamiento previo, eliminando todas las partículas líquidas existentes en el material y posteriormente incrementando la intensidad de flama en porcentajes y tiempos adecuados, hasta llegar a un punto de temperatura máxima, determinada por los conos piro métricos, los cuales se funden a cierta temperatura dependiendo de su numeración. Para lograr la automatización del proceso se realiza la implementación del proyecto con sistemas optativos, evitando la compra de quemadores industriales en las importadoras del país, que tienen un precio muy elevado y más aún, uno con las cualidades modulantes antes mencionadas, el proceso incluye tres sistemas, dos partes mecánicas existentes en el taller, como son la cámara de combustión y la distribución del sistema de combustión, entonces la parte en que se pone mayor énfasis es la tercera, que es la automatización del proceso. Es por la complejidad de los tratamientos térmicos que se hacen a éste material, que se realiza el incremento modular para su correcta vitrificación, evitando las deformaciones que se da en el producto, por lo que el incremento se realiza en el momento adecuado, entonces el programa para la automatización tiene la particularidad de modificar cada tipo de proceso, pues se realizan tres tipos de vitrificación en la mismo horno, además una memoria en la cual se puede grabar los procedimientos, adicionando los elementos de seguridad necesarios, ya que se trabaja con un combustible altamente inflamable, en definitiva el sistema puede modificar el tiempo y porcentaje adecuado para cada etapa, realizando el mismo trabajo que un quemador modulante, optimizando el proceso, la productividad y reduciendo costos, sin afectar los productos, mejorando la producción.

DESCRIPTORES: Cerámica; Automatización; Vitrificación; Proceso.



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

INGENIERING AND APLICATED SCIENCE ACADEMIC UNIT

Latacunga – Ecuador

TOPIC: “OVEN AUTOMATION OF FOR CERAMIC VITRIFY PROCESS IN CRAFT WORKSHOP CERAMIC WORLD LOCATED IN LATACUNGA CITY AT THE PERIOD 2013-2014”

AUTHORS: Guanoluisa Basantes Jimmy Alexander

León Quishpe Franklin Javier

ABSTRACT

The present investigation has an objective; the automatization of an oven in which one ceramic was achieved; this objective requires as a first step to be submitted initially to an previous worming to remove all liquid particles existing in the material, later increasing flame intensity in percentages and appropriate times until to get a maximum temperature point that is determined by the piro metric cones which ones melt to specific temperature according numeration to achieve automatization process; improving a the project implementation with optional systems avoiding to buy industrial burners at country importing companies, because they have a high price and further one with the modulating qualities mentioned above. The process includes three systems; two mechanical parts available to the workshop as combustion chamber and the distribution of the combustion system then the part that will be more emphasized the third is the automation of the process. It is by complexity of the thermal treatments that are made to the material that is performed by modular increase for a correct nitrification avoiding a possible deformation on the product, the reason that increase the performed must be the appropriate time, then automatization program must have the particular modification for each process, then three types of nitrification was performed at same oven also a memory card in which one you can record the procedure adding necessary security elements because it works with highly flammable fuel. In conclusion the system can be modify on time and appropriate percentage for each process doing the same work an industrial modulating burner.

DESCRIPTORS: Ceramic; Automatization; Vitrification; Process



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **GUANOLUISA BASANTES JIMMY ALEXANDER Y LEÓN QUISPE FRANKLIN JAVIER**, cuyo título versa “**AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO PARA EL PROCESO DE VITRIFICAR CERÁMICA EN EL TALLER ARTESANAL WORLD CERAMIC UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL PERIODO 2013-2014**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 29 de julio del 2014

Atentamente,


Lic. M. Se. Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS
C.C. 0502617350

INTRODUCCIÓN

La automatización en plantas industriales por más pequeñas que estas sean, tienen una evolución constante, que sirve para mejorar los procesos de producción, ya que la necesidad de sobresalir ante la difícil competencia laboral, exige encontrar métodos de producción más eficientes y económicos. Las etapas de vitrificación de la materia prima, son procesos que requieren un control especial de temperatura, dependiendo del material y condiciones a la que se va a ser sometido, por lo que, se conoce a fondo el proceso realizado, en base a la investigación, que se efectúa. En algunas ocasiones al tener un material sensible, se tiene cuidado con el incremento de la temperatura, ya que la mínima modificación del tratamiento térmico, puede ocasionar daños o deformaciones en los productos, por lo que se realiza un análisis del proceso, antes de aplicar el proyecto, para conocer los parámetros de funcionamiento de los sistemas que intervienen en la vitrificación. Es aquí donde la automatización de estos sistemas tiene una gran importancia para obtener un control adecuado del proceso, sin embargo hay que tener en cuenta el material el cuál va a ser sometido al tratamiento térmico, es ahí donde el control se realiza dependiendo del rango de temperatura. Tomando en cuenta que el material a procesar es arcilla, que requiere de unos niveles de temperaturas elevadas y progresivas, es necesario implementar un control proporcional adecuado a este sistema.

En el capítulo I está considerado el marco teórico donde se fundamenta la automatización del proceso de vitrificar cerámica, revisando las condiciones en cómo se desarrolla el procedimiento de vitrificar cerámica, abarcando todos los sistemas que se incluyen en el proyecto a realizar, investigando así cada uno de los elementos que intervienen en el sistema determinando sus ventajas, desventajas y, requerimientos técnicos necesarios para su correcta utilización.

En el capítulo II está considerado el análisis del proceso previo a la implementación del proyecto pues se necesita saber los parámetros con los que

trabaja dicho sistema, para esto se realiza las diferentes etapas, tomando algunos datos que servirán al momento de determinar el funcionamiento del vitrificado, encontrando sus deficiencias y datos del estado actual como el consumo de combustible, fugas de temperatura, deficiente combustión, tiempos excedidos para realizar una quema de material cerámico.

En el capítulo III se presenta la propuesta del proyecto para controlar el proceso e implementarlo, para esto, como primer paso se procede al ensamblaje del tablero de control realizando pruebas del encendido automático como también de la modulación, para posteriormente proceder al encaje de todas las partes necesarias que compone el sistema, como cámara de combustión y distribución, se implementa la parte eléctrica y electrónica la cual se encuentra en el tablero de control, para que realice la parte de modulación automática y elementos de seguridad, también se programa el PLC y la pantalla HMI, tomando en cuenta las necesidades del proceso, para esto se realiza tres programaciones con distinto tiempo y apertura de válvula modulante, dependiendo del proceso a realizar que puede ser la quema de biscocho, esmalte o acabados, generando así un significativo ahorro principalmente de combustible como también de tiempo, además de un eficiente control del proceso.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1 Elaboración De Cerámica

SALLA, S. (2000) dice que:

Hace referencia a las vasijas, el diccionario de la Real Academia Española lo define del griego keramikos (hecho de arcilla) arte de fabricar vasijas de todas clases y cualidades (Pág. 25) como se muestra en la figura 1.1

FIGURA 1.1: ELABORACIÓN DE CERÁMICA



FUENTE:[http://www.ceramicatrespiedras.com/cursos/técnicas/barbotina-para-colada/\(16/03/14\)](http://www.ceramicatrespiedras.com/cursos/técnicas/barbotina-para-colada/(16/03/14))



La elaboración de cerámica es la mezcla de varias arcillas que requiere de varios procesos empezando con el vaciado, esmaltado, y decorados, como procesos más generalizados para luego ser sometidos a una temperatura específica, en cada uno de los procesos, que serán detallados a continuación.

Paso 1: El primer paso consiste en verter, en los moldes de yeso previamente alineados, arcilla líquida o también conocida como barbotina. Una vez que han tomado la consistencia deseada se procede a desmoldarlos, y ubicarlos con cuidado, para llevar a cabo lo que se denomina “Tratamientos anteriores a la cocción”. Estos están orientados a alisar las irregularidades que deja la fabricación como anillos o tiras de barro, así como para unir las distintas partes y al mismo tiempo alterar la apariencia de cada pieza. También dentro de este proceso, se realiza la colocación de los apliques sobre relieve todo este procedimiento se lo realiza de manera manual sin embargo si se llegaran a automatizar esta etapa se podría realizar por medio de prensas hidráulicas para que moldee las figuras, o en el caso de realizar vasijas un aparato que realice la misma acción que el ser humano, requiriendo de mucha infraestructura pero que servirá para que la producción se multiplique.

Paso 2: Consiste en el secado de las piezas que han sido tratadas en el proceso anterior, con el objeto de eliminar el agua acumulada junto a las partículas de arcilla. Esta fase se puede llevar a cabo al aire libre o en cobertizos calentados especialmente. Cuando estos se secan convenientemente, son lijados para eliminar cualquier imperfección y para lograr, así mismo, una superficie lisa y pulida. Posteriormente se procede a recubrir su interior con esmalte cerámico, con la finalidad que cada uno de los productos que elaboramos, además de estéticos, reúnan las condiciones necesarias que aseguren su funcionalidad.

Paso 3: Consiste en la cocción de las piezas. La cocción en horno tiene como característica principal que la combustión se produce en un espacio distinto al lugar en que se depositan los recipientes a cocer, pero ambos están en comunicación. Esta cocción, a altas temperaturas, es más regular y evita fracturas

por cambios fuertes de temperatura. Cuando la misma finaliza, la mercadería se deja enfriar paulatinamente para pasar al próximo paso de elaboración cuando la etapa de cocción se realiza de manera artesanal no obtiene las cualidades optimas sin embargo a través de los años ha funcionado, el control de las temperaturas manejadas artesanalmente solo se rige a la percepción del ojo humano, o carga de combustible neta, sin tomar en cuenta si finaliza en la temperatura ideal, con la automatización del proceso en esta etapa de vitrificación puede controlar de manera eficiente la cocción de la cerámica irguiéndose en una temperatura máxima y no en los empíricos métodos de control utilizados en talleres artesanales.

Paso 4: Este paso concentra un gran conjunto de actividades. Todas ellas constituyen la finalización de la etapa de producción propiamente dicha. Consiste en los procesos de pintado de las figuras cerámicas, que serán sometidas nuevamente a calor, para obtener el brillo característico en los artículos, es otra etapa de vitrificado realizado a menor temperatura, al igual que la etapa anterior cuando es una producción artesanal, se rigen a una carga determinada o por medio de la percepción humana, con la automatización se puede eliminar estos controles artesanales eliminándose los errores por manejo humano, basándose en un controlador de temperatura que nos mide el rango ideal fijo para el proceso.

1.1 Proceso De Vitrificar Cerámica.

CALLISTER, W. (1995) comenta que:

Después del secado, un cuerpo es cocido usualmente a temperaturas entre 900 y 1400 grados centígrados y depende de las propiedades deseadas de la pieza final. Cuando los materiales son calentados a temperaturas elevadas, ocurren varias reacciones complejas. Una de ellas es la vitrificación, la formación gradual de un vidrio líquido que fluye hacia los poros

y en parte llena su volumen. El grado de vitrificación depende de la temperatura de cocción y del tiempo. (Pág. 444)

Es decir que durante el proceso de vitrificación provoca una reacción, y los poros fluyen hacia la parte exterior de la figura, pero para éstos la figura debe estar totalmente seca y depende de la temperatura a la cuál es sometida dentro de la cámara de combustión.

El proceso de vitrificación, es el más generalizado, y que de forma más significativa, contribuye a reducir la porosidad en la cocción de los productos cerámicos tradicionales como vidrio, porcelanas, etc. En la cocción de estos productos tiene lugar la formación de un vidrio viscoso que rodea las partículas, y que bajo las fuerzas de la tensión superficial creada por los finos poros de la pieza, tiende a aproximar las partículas aumentando la contracción y reduciendo la porosidad del producto. Para una cocción satisfactoria la cantidad y viscosidad de la fase vítrea debe ser tal que permita la cocción razonable (tiempo y temperatura lo más bajos posibles) sin que se produzcan deformaciones en la pieza. Las velocidades relativas y absolutas de estos dos procesos (contracción y deformación) determinan la temperatura y las composiciones que deben utilizarse en la fabricación de estos productos.

La vitrificación es el método común de cocción para la cerámica tradicional a base de arcilla, a veces llamados sistemas de silicato. El proceso implica cambios físicos y químicos como, la formación de fase líquida, la disolución, la cristalización, así como cambios de forma como, la contracción y la deformación. A la temperatura de cocción se forma un vidrio de silicato viscoso y fluye entre los poros bajo la acción de las fuerzas capilares, en la tabla 1.1 se muestran los tiempos y tipos de vitrificación usados en el taller donde se realizó la investigación.

TABLA 1.1: TIEMPO DE VITRIFICACIÓN DE LA CERÁMICA

PROCESO DE VITRIFICAR CERÁMICA		
PROCESO	TEMPERATURA	HORAS
Biscocho	1120	5
Esmalte	1060	4:30
Acabado	717	3:30

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

1.1.1 Materias Primas Para La Elaboración De Cerámica

Los productos cerámicos se elaboran con arcillas que se combinan en ciertos porcentajes, dependiendo del producto a elaborar y la temperatura a la cual va a ser sometida como se muestra en la tabla 1.2.

TABLA 1.2: MATERIAS PRIMAS PARA ELABORAR CERÁMICA

PRODUCTOS CERÁMICOS ESMALTADOS	Azulejos	Arcilla, esmalte, pirofilita, talco,
	Sanitarios	Arcilla, caolín, feldespatos, sílice.
	Porcelana	Arcilla, caolín, feldespatos
	Esmaltes y engobes	Arcilla, caolín, feldespatos y otros agentes fundentes

Fuente: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion2.MateriasPrimasCeramicas.pdf>
 (04/01/2014)

1.1.2 Cocción De La Cerámica

- **Templado**, es el calentamiento necesario para que la arcilla pierda la humedad y el agua. Se sube la temperatura aproximadamente 100 grados por hora.
- **Cocción**, propiamente dicha, a partir de los 600 grados aproximadamente se comienza el gran fuego, etapa en que el horno y las piezas tendrán un color anaranjado intenso y la temperatura llega a su punto más elevado. Una buena cocción se realiza entre los 850 y 1000 °C.
- **Enfriamiento**. Tanto el templado como el enfriamiento debe producirse lentamente para evitar agrietamientos y roturas. Normalmente este proceso se lo realiza en la noche y la apertura la hacemos al día siguiente.

1.1.3 Tipos De Hornos Para Cerámica

Los hornos para cerámica se pueden clasificar según su forma de funcionamiento indicado en la tabla 1.3.

TABLA 1.3: TIPOS DE HORNOS

HORNOS CERÁMICOS			
Caldeo directo		Caldeo indirecto	
Periódicos	Continuos	Periódicos	Continuos
Kasseler, llama horizontal	Circulares	Mufla	Túnel
Cámara; llama ascendente	De cámara anulares	Eléctricos	Mufla
Llama circular	Cámara de gas		

Fuente: <http://www.xtec.cat/~aromero8/hornos.htm>

1.2 Sistemas Que intervienen en El Proceso De La Vitrificación

Para el proceso de vitrificación se requieren dos sistemas que se encuentran en el taller pero de forma sencilla de los cuáles se necesita tomar datos para la automatización correcta del proceso los cuales son:

- ✓ Sistema de combustión
- ✓ Cámara de combustión (horno)

1.2.1 Sistema De Combustión

MÁRQUEZ, M. (2005) dice:

Es la reacción de oxidación de las sustancia combustibles, lo que se exige en estos procesos es la obtención del máximo calor posible, y cantidades más o menos importantes de aire en exceso. Si bien esto permite evitar la existencia de inquemados y humus, el exceso de aire también implica mayores pérdidas de calor en la combustión. (Pág.: 21)

Aunque el tratamiento que se le da al tema es sencillo con la precisión técnica, no debe ocultarse el hecho de que los mecanismos de reacción son realmente complejos porque es la mezcla de dos componentes que son el combustible y el comburente, los cuales al unirse provocan una reacción, generando calor o flama, cuya energía se utiliza para propósitos múltiples.

La potencia de los quemadores dependerá del volumen de la cámara de combustión, una mala mezcla de los dos componentes puede provocar inconvenientes, generando hollín y dando una tonalidad gris a los productos, en la figura 1.2 se muestra un ejemplo

FIGURA 1.2: SISTEMA DE COMBUSTIÓN



Fuente: [http://www.taringa.net/posts/info/9546976/Combustion.html\(29/10/2013\)](http://www.taringa.net/posts/info/9546976/Combustion.html(29/10/2013))

1.2.1.1 Factores De La Combustión.

1.2.1.2 Proceso de calentamiento

CASTELL, X. (2012) dice:

Desde un punto de vista físico la combustión tiene una fase previa, que es el calentamiento. Éste supone un estado de agitación molecular que provoca rotura de enlaces, dilataciones, evaporaciones, destilaciones. (Pág. 157).

Es la fase inicial del proceso que requiere de intensidades muy bajas, para eliminar las moléculas líquidas que se encuentran en los productos elaborados, este paso se lo realiza para evitar deformaciones en las piezas dejando pasar un lapso de tiempo, hasta realizar los incrementos adecuados.

1.2.1.3 Gas licuado de petróleo GLP

ASFAHI, C. (2000) menciona:

“El gas licuado de petróleo (GLP) es un combustible de uso común. Todos los gases del petróleo pueden ser licuados si su temperatura se reduce lo suficiente, pero el gas natural, que consta más que nada de metano es muy difícil de licuar, aunque por lo demás es menos costoso que el GLP éste es una mezcla de propano y butano, que se licuan con mayor facilidad que el metano y que pueden ser transportados de forma más compacta. La proporción de expansión es de aproximadamente 1:270 esto es, una unidad de líquido se convierte en 270 de gas a temperatura y presión normales.”
(Pág.216)

El GLP es una mezcla de gas propano y butano y se licuan con mayor facilidad este tipo de gas se puede encontrar reducido para su facilidad en el transporte, es

un derivado del petróleo muy usado en el Ecuador y se usa como gas doméstico, o industrial que en sí es el mismo compuesto diferenciándose del precio. Los porcentajes de mezcla y poder calorífico pueden variar, para realizar los cálculos se tomarán los datos que se muestran en la tabla 1.4.

TABLA 1.4: PODER CALORÍFICO DEL GLP

ELEMENTO	PC INFERIOR	PC SUPERIOR	UNIDADES
PROPANO	11080	12060	Kcal/Kg
BUTANO	10930	11860	Kcal/Kg

Fuente: José LluchUrpi (Tecnología Y margen de Refino del petróleo)

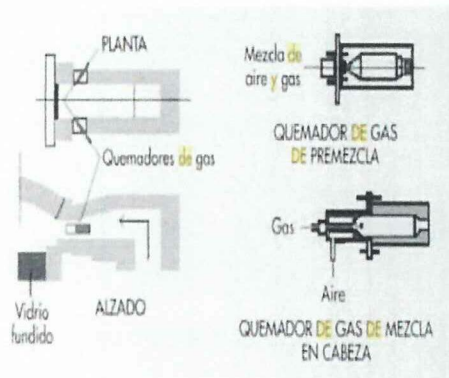
1.2.1.4 Quemadores

MARTÍNEZ, Manuel. (2005) Comenta:

Un quemador es el órgano destinado a la producción de la llama, poniendo en contacto las cantidades necesarias de aire y gas para que se realice la combustión. (Pág. 91)

Un quemador es un instrumento usado para la combustión en el cual se realiza una pre mezcla de aire y combustible en este caso el GLP, los quemadores que existen en el actual sistema de combustión son atmosféricos los cuales sirven para el proceso de vitrificado, existen una variedad de quemadores de GLP y se muestran en la figura 1.3

FIGURA 1.3: QUEMADORES A GAS



Fuente: Xavier Elías Castell 2012 Tratamiento y valorización energética de residuos (04/02/2014)

El quemador tiene por función:

- Asegurar la mezcla de aire y gas en proporciones convenientes y mantenerla constante entre determinada gama de caudales.
- Permitir la regulación de los caudales de aire y gas.
- Mantener la estabilidad de la llama.
- Dar a la llama dimensiones apropiadas a las del recinto donde se efectúa la combustión.
- Dar, eventualmente, a la llama un poder de radiación suficiente.

1.2.1.5 Efecto de la presión.

CASTELLS, X. (2012) Dice:

El valor de la presión varía según la altura de la cámara, mantener una presión positiva en todas partes, o mantener una depresión en todo el horno constituyen dos sistemas no solo diferentes sino totalmente opuestos, cuando existe una fuerte distorsión de la presión (o depresión) en un horno el consumo

energético se dispara y ello siempre tiene como consecuencia una disminución en el rendimiento de la combustión. (Pág. 171)

La presión juega un papel fundamental en el sistema de combustión y de muchos otros factores, para provocar una eficiente mezcla y correcta combustión especialmente en el horno para la vitrificación de cerámica que debe trabajar en las condiciones adecuadas de presión, para regirnos a un solo parámetro y no exista variaciones excesivas. El efecto de la presión puede influir en la calidad de la mezcla y deben ir de acuerdo a las dimensiones del quemador o de funcionamiento del sistema

1.2.1.6 Cálculo de la potencia de los quemadores

Para determinar la potencia de los quemadores simplemente se usara una tabla de conversión de acuerdo al porcentaje de consumo de GLP como se muestra en la figura 1.4

FIGURA 1.4: EQUIVALENCIA DEL GLP

GAS NATURAL.	
	1 m ³ = 9,000 kcal = 009 gigacal
	1 m ³ = 35,714 BTU
	1 m ³ = 37.64 MMjules (megajoules)
GAS LP.	
	GLP = GLP = 30propano 70butano
	1 LT GLP = 561 Kg
	1 LT GLP = 6,623 Kcal
	1 LT GLP = 26,262 BTU
	1 KG GLP = 46,849 BTU = 11,806 Kcal
	1 LT GLP = 247.8 litros de gas vapor .2479 m ³ S gas vapor
	1 Kg de gas GLP = 0.8 lts de gas liquido (LP)

FUENTE:<http://www.gcemexico.com.mx/equivalencias.html>(21/02/2014)

1.2.1.7 *Calculo del diámetro de la tubería matriz*

Para determinar el diámetro de la tubería matriz de transporte de gas licuado de petróleo o línea de distribución de media presión, se considera lo establecido en la norma INEN 2260:2008, detallando los siguientes pasos:

- Flujo másico o caudal nominal “Q” expresado en kg/h
- Longitud real “ L_R ” de la tubería matriz
- Presión inicial “ P_i ” en la red de distribución
- Densidad ficticia “ ρ ” 1.16
- Longitud equivalente “ L_E ”

$$\Delta P = P_i^2 - P_f^2 = 48,6 \times \rho \times L_E \times \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}} \quad \text{Ec. (1.1)}$$

Fuente: instalaciones de GLP, Repsol Ed.2000

1.2.2 *Cámara De Combustión*

La cámara de combustión es conocida como reactor de incineración, cámara primaria o simplemente horno. El primer parámetro que debe valorarse PCI del residuo y la masa horaria a consumir, con lo que se conoce la potencia térmica generada en Kcal/h. ésta energía debe desarrollarse en un recinto que es, precisamente, la cámara de combustión.

El volumen necesario para que pueda desarrollarse la combustión depende de una serie de factores.

- Calidad y regularidad de la alimentación .Un horno desarrolla o consume energía por tanto si la alimentación es discontinua en diversos periodos de tiempo, la energía desarrollada puntualmente puede ser muy elevada.
- Calidad de la mezcla combustible /comburente. Puede darse el caso de que la mezcla sea correcta en determinados puntos o zonas de la cámara pero

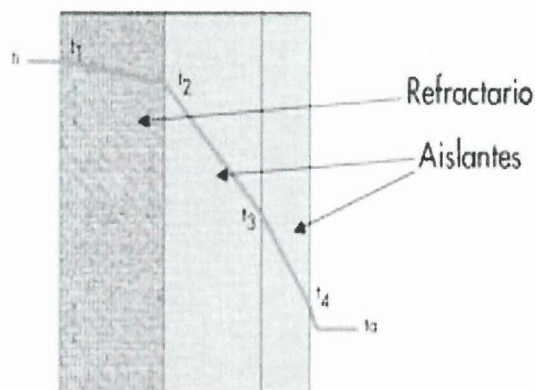
en otras no. En las zonas donde se desarrolle la combustión en forma integral la energía generada puede superar los parámetros de diseño.

Lo habitual es trabajar con valores que oscilan entre 150.000 y 350.000 Kcal/m³.h. Lo así pues dividiendo la energía desarrollada por la carga térmica se obtiene una primera aproximación del volumen necesario de la cámara de combustión.

Existen otros parámetros, que tienen que ver con las características intrínsecas de las llamas o gases de combustión producidos. Así un mismo volumen de cámara puede obtenerse con diferentes combinaciones de secciones y longitudes. No obstante cuando se tiene conocimiento de un parámetro crítico como podría ser la longitud de la llama, este factor condiciona la longitud y la sección se deduce fácilmente.

La configuración de las paredes del horno tiene una gran importancia estratégica. En contacto con los productos y gases de combustión son refractarios y además poseen un notable espesor esto significa que la acumulación de calor será elevada. Esta construcción, con la primera capa de refractario, obliga a situar una capa de material aislante inmediatamente detrás para controlar y reducir las pérdidas de calor a través de las paredes como se observa en la figura 1.5.

FIGURA 1.5: SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA PARED DE UN HORNO



Fuente: Xavier Elías Castells Tratamiento y valorización energética de residuos 2012 Pág.: 168

1.2.2.1 Pérdida a través de las paredes;

El calentamiento de la carga tiene características determinantes en las pérdidas que se producen a través de las paredes y necesita cumplir ciertos parámetros como:

- ✓ Conseguir las temperaturas de carga requeridas.
- ✓ Asegurar que la operación se efectúe con un rendimiento térmico óptimo, lo que exige un recinto cuyas paredes opongan gran resistencia al paso de calor y en general acumulen poco calor.

Hay que asegurar la resistencia estructural del horno mediante unas paredes suficientemente rígidas y elásticas para evitar fugas por las paredes y mantener las temperaturas en unos límites que permitan unas condiciones de trabajo no peligrosos.

Los refractarios, instalados en la cara caliente del horno, permite resistir mecánicamente las altas temperaturas y son los que aparecen en primer plano, los aislantes instalados en la cara intermedia y fría del horno es impedir el paso del calor, normalmente las paredes de los hornos están compuestas por varias capas en las que se va graduando y equilibrando la función del refractario y el efecto aislante de los materiales como se observa en la figura.

1.2.2.2 Temperatura

MORALE, Juan (2005) Dice:

El concepto de temperatura es más tangible. El sentido del tacto nos indica si un cuerpo está más caliente que otro, pero tales sensaciones comparativas son imprecisas y no se pueden considerar una medida física. (Pág. 39)

La Temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella, y al revés de calor. Sin embargo, aunque tengan una estrecha relación, no se debe confundir la temperatura con el calor. La diferencia entre calor y temperatura es que, la

temperatura es una propiedad de un cuerpo y el calor es un flujo de energía entre dos cuerpos y diferentes temperaturas por ejemplo si hay un horno la temperatura es la cantidad medida dentro del mismo mientras que calor es lo que nosotros podemos percibir en el exterior si nos situamos a un lado del horno.

1.2.2.3 Parámetros térmicos.

- **Eficiencia del horno**

En régimen estacionario, es decir, cuando el horno alcanza la temperatura de régimen la cantidad de calor total Q_t aportada es igual a la que sale de él:

$$Q_t = Q + Q_p + Q_g \quad \text{Ec. (1.2)}$$

Dónde:

Q : Consumo útil.

Q_p : Perdida por transmisión a través de las paredes.

Q_g : Calor arrastrado por los gases que van por la chimenea.

Consumo útil: Conviene que su valor represente una parte muy importante de Q_t .

La relación Q/Q_t es el rendimiento del horno.

1.2.2.4 Calor Almacenado En Las Paredes Del Horno

Durante las pruebas se anotan algunos parámetros para determinar la eficiencia del horno entre ellos está el calor almacenado por las paredes para lo cual se utiliza la siguiente formula

$$Q_{ap} = m C_{p_{ap}} \Delta T \quad \text{Ec. (1.3)}$$

Fuente: Revista Ciencia E Ingeniería Vol. 24 No. 3. 2003 (página 4)

Dónde:

Q_{ap} = el calor almacenado en las paredes del horno (KJ)

M = es la masa de las paredes del horno (Kg),

C_{pap} = es el calor específico del material del que está compuesta la pared del horno (KJ/Kg. °C)

ΔT es las diferencias entre la temperatura media de las paredes y la temperatura ambiente (° C)

1.2.2.5 Calor Perdido Por Las Paredes Del Horno

Se utilizan de forma para la conducción al considerarse un problema de flujo de calor entre dos superficies las cuales se consideran a temperatura uniforme.

$$Q_{pp} = kS\Delta S \quad \text{Ec. (1.4)}$$

Fuente: Revista Ciencia E Ingeniería Vol. 24 No. 3.2003 (página 4)

Dónde:

Q_{pp} = es el calor que se pierde a través de las paredes (W).

k = es la conductividad térmica promedio del material del que está compuesta la pared (W/m. °C) ya que ésta varía significativamente con la temperatura S

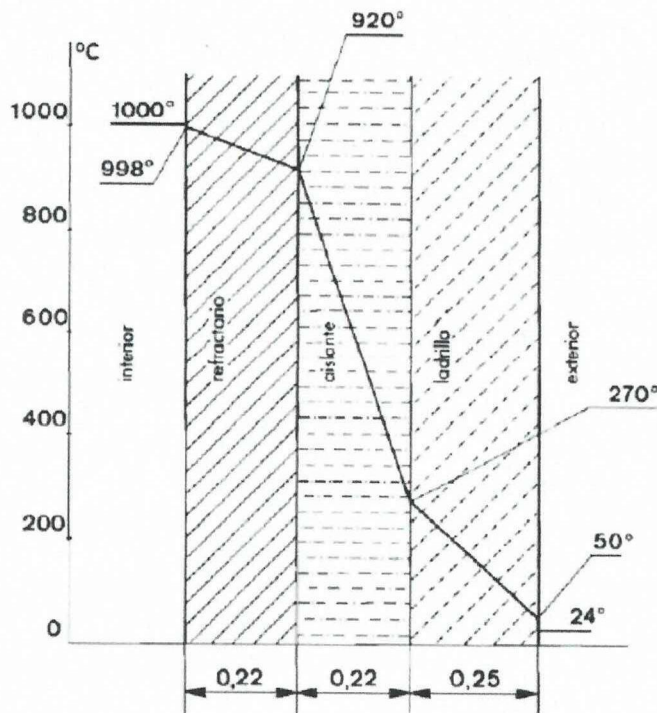
S = es el factor de forma tomando en cuenta las aristas, las esquinas y las paredes en (m)

ΔT = es la diferencia entre las temperaturas de la superficie interior y exterior del horno (°C)

1.2.2.6 Transmisión de calor a través de las paredes de un horno.

Consideremos la pared representada en la figura, constituida por una parte interna de hasta (dos anchos) de ladrillo refractario silico-aluminoso (0,22 m), de una parte intermedia también de dos anchos de ladrillos aislantes (0,22 m) y de una parte externa de dos anchos de ladrillo macizo (0,25 m). Supongamos que la temperatura interna es de 1000° y la del ambiente externo de 24° , como se muestra en la figura 1.6.

FIGURA 1.6: TRANSFERENCIA DE CALOR



Fuente: Proyecto Final de Carrera | Vicente Sánchez Sánchez (Pág. 34)

Del diagrama de la figura se puede deducir la gran eficacia de la capa aislante intermedia gracias a ella la caída de temperatura dentro de la pared de refractario es relativamente pequeña; por consiguiente, si la temperatura es elevada se requiere una buena calidad, ya que todo el material refractario, y no solamente la cara en contacto con los productos de la combustión, está sometido a elevada temperatura. Se observa a si mismo que la cara más interna de la capa aislante se

encuentra a temperatura elevada, por lo que es necesario un material adecuado; en cambio la pared de ladrillo permanece toda ella a temperaturas relativamente bajas. A continuación se detallan los materiales aislantes a utilizar en la tabla 1.5.

TABLA 1.5: MATERIALES AISLANTES
MATERIALES AISLANTES

Material	Resistencia	Conductividad térmica (W/(m.k))
Ladrillo aislante G 23	1260 °C	0.47- 1.05
Manta cerámica	1260 °C	0.03-0.07
Plancha de Hierro	1500 °C	80.02

Fuente: <http://www.diamoresa.com.ar/Manuales/Fibra%20ceramica.pdf> (10/02/2014)

La comparación de la ecuación con la ley de Ohm, $I = \frac{V}{R}$, sugiere que $\Delta T = T_1 - T_2$ puede verse como un potencial impulsor del flujo de calor, así como el voltaje es el potencial impulsor de la corriente eléctrica.

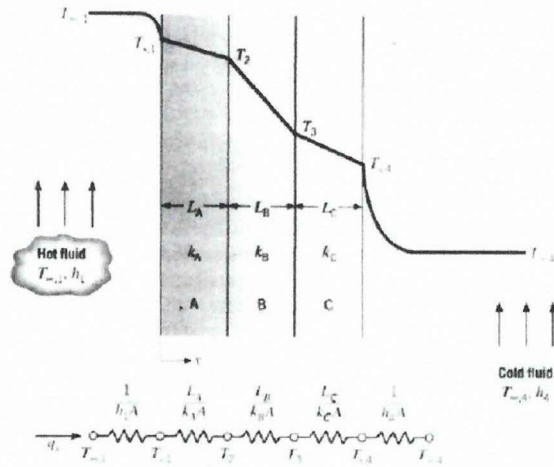
Entonces

$$Q = \frac{\Delta T_{\text{Total}}}{R_{\text{Total}}}$$

Ec. (1.5)

Puede considerarse como una resistencia térmica análoga a la resistencia eléctrica, como muestra la figura 1.7.

FIGURA 1.7 PARED DE HORNO COMPUESTA

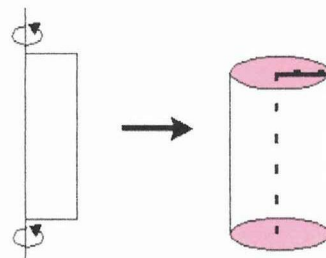


Fuente: Proyecto Final de Carrera | Vicente Sánchez Sánchez (Pág. 34)

1.2.2.7 Estructura cilíndrica del horno

Un cilindro circular recto es aquel cuerpo o sólido geométrico generado por el giro de una región rectangular en torno a uno de sus lados o también en torno a uno de sus ejes de simetría indicado en la figura 1.8.

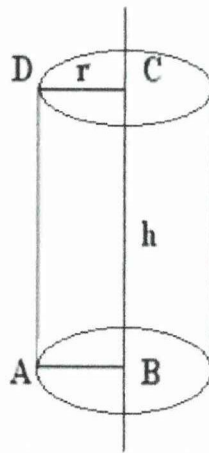
FIGURA. 1.8: ESTRUCTURA DEL HORNO



FUENTE: <http://www.profesorenlinea.cl/geometria/VolumenCilindro.htm>(10/02/2014)

El cilindro consta de dos bases circulares y una superficie lateral que, al desarrollarse, da lugar a un rectángulo. La distancia entre las bases es la altura del cilindro. Las rectas contenidas en la superficie lateral, perpendiculares a las bases, se llaman generatrices como se muestra en la figura 1.9.

FIGURA 1.9: DESCRIPCIÓN DEL CILINDRO



CD: Radio
AD: Generatriz
BC: Altura
BC: Eje

FUENTE:<http://www.profesorenlinea.cl/geometria/VolumenCilindro.htm>(10/02/2014)

1.2.2.8 Área del cilindro

El área lateral del cilindro está determinada por el área de la región rectangular, cuyo largo corresponde al perímetro de su base, es decir a $2 \pi r$, y cuyo ancho es la medida de la altura del cilindro, o sea h .

Para calcular su área lateral se emplea la siguiente fórmula:

$$A_{\text{lateral}} = 2 \pi r \cdot h$$

Ec. (1.6)



1.2.2.9 Temperatura de trabajo del horno para vitrificar cerámica.

Los conos piro-métricos están concebidos para el control de hornos cerámicos y se funden a una temperatura fija y de acuerdo a la numeración que posean y que a continuación se detallan en la tabla 1.6.

TABLA 1.6: CONOS PIRO-MÉTRICOS UTILIZADOS

CONO NÚMERO	CENTÍGRADOS	FAHRENHEIT
02	1120	2048
04	1060	1940
018	717	1322

Fuente:<http://www.ceramicstoday.com/cones.htm> (19/11/2013)

1.2.3 Automatización

PONSA, P. VILANOVA, R. (2005) dice

La real academia de las ciencias exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en las tareas físicas y mentales previamente programadas. (Pág. 11)

Es la sustitución de la acción humana por mecanismos, independientes movidos por una fuente de energía exterior, capaces de realizar ciclos completos de operaciones que se pueden repetir indefinidamente y según la naturaleza se puede hablar de automatización: mecánica, neumática, oleo-hidráulica, eléctrica, y electrónica.

Es decir que los procesos automáticos están destinados a la sustitución humana mediante mecanismos eléctricos y electrónicos para realizar un proceso más eficiente y controlar adecuadamente el proceso que se necesita automatizar, optimizando el trabajo, mejorando la productividad con dispositivos de seguridad

que servirá para la protección de la maquinaria y de las personas que operan las mismas creando un ambiente de seguridad en cualquier planta de producción.

1.2.3.1 Tipos De Control

Existen dos formas básicas de realizar el control de un proceso industrial:

- **Control de lazo abierto:** cuando las señales de mando son independientes de los órganos receptores.
- **Control de lazo cerrado:** cuando las señales de mando dependen de la posición de los órganos móviles.

1.2.3.2 Elementos En Un Sistema De Control.

En todo sistema de control aparecen claramente diferenciados una serie de elementos característicos al mismo que es necesario clarificar:

- ✓ ***Variable a controlar:*** Conocida como señal de salida, constituye la señal que deseamos que adquiera valores determinados, como la temperatura.
- ✓ ***Planta o sistema:*** Constituye el conjunto de elementos que realizan una determinada función
- ✓ ***Sensor:*** Es el elemento que permite captar el valor de la variable a controlar en determinados instantes de tiempo.
- ✓ ***Señal de referencia:*** Es la señal consigna o valor que deseamos que adquiera la señal de salida (objetivo de control)
- ✓ ***Actuador:*** Es el elemento que actúa sobre el sistema modificando de esta forma la señal de salida.
- ✓ ***Controlador:*** O regulador es el elemento que comanda al actuador en función del objetivo de control.

Todos estos elementos aparecen de alguna u otra forma en casi todo sistema de control

1.2.3.3 Acciones Básicas de control

El controlador genera la señal de control que actúa sobre el proceso tendiendo a minimizar el error. Se llama acción de control a la forma en que el controlador genera la señal de control $u(t)$ a partir de una señal de error $e(t)$. La acción de control puede ser representada por una función f que se obtiene la relación existente entre ambas señales:

$$u(t) = f(e(t)) \qquad \text{Ec. (1.7)}$$

Evidentemente existen infinitas formas matemáticas de acción de control, pero de todas ellas sólo unas pocas se pueden implementar físicamente. De estas últimas, las más utilizadas en los sistemas de control se conocen con el nombre acciones básicas de control que se utilizan en sistemas de control industriales. Además podemos considerar la denominada acción de dos posiciones (Encendido – Apagado) que solo tiene dos posiciones fijas. El control *on/off* es relativamente simple y barato, casi todos los controladores industriales utilizan como fuente de energía la electricidad o un fluido a presión como aire o aceite, también los controladores se pueden clasificar según su tipo de energía que utilicen neumáticos, hidráulicos, electrónicos, evidentemente la elección del tipo de controlador según su fuente de energía depende de la naturaleza o planta a controlar y de las condiciones de funcionamiento, debiendo tener presente en el proyecto de automatización cuestiones como la fiabilidad, precisión, tamaño, peso, seguridad, y coste económico. En las siguientes acciones lineales básicas de control son (P, I, PD, PI, y PID) por lo que sebera acoger la opción que más favorezca al control que se va a realizar.

1.2.3.4 Regulador Tipo P

El regulador más simple de todos es el de acción proporcional o regulador P, cuya señal de control o de salida es proporcional a la entrada o señal de error, es decir, si $e(t)$ y $u(t)$ son la entrada y salida del regulador respectivamente, se tiene:

$$u(t) = K_R \cdot e(t) \quad \text{Ec. (1.8)}$$

Donde K_R es una constante ajustable que se denomina **ganancia del regulador**. Tomando la transformada de Laplace en la expresión anterior se tiene:

$$U(s) = K_R \cdot E(s) \quad \text{Ec. (1.9)}$$

Despejando se puede obtener la función de transferencia de este regulador $G_R(s)$ como:

$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_R \quad \text{Ec. (1.10)}$$

En la figura 1.10 se muestra un esquema de este regulador.

FIGURA 1.10: REGULADOR DE TIPO P



Fuente: R.P.Ñeco, O. Reinoso N. García R. Aracil 2003 Pág.: 137 (17/03/2014)

Un regulador de tipo proporcional permite variar la ganancia en bucle abierto del sistema, con lo que sólo se podrá conseguir un débil compromiso entre el comportamiento dinámico y la precisión del sistema. Cualquiera que sea el mecanismo real y la forma de potencia que se use, el regulador P es esencialmente un amplificador con una ganancia ajustable.

Los reguladores tipo P pueden presentar a veces un cierto retardo en la transmisión de la señal de entrada. En tal caso, su comportamiento dinámico se puede representar por la siguiente ecuación diferencial:

$$T_N = \frac{du(t)}{2dt} = K_R \cdot e(t) \quad \text{Ec. (1.11)}$$

Donde T_N es el retardo introducido por el regulador. La función de transferencia correspondiente a esta ecuación es:

$$G_R(S) = \frac{K_R}{1+T_N s} \quad \text{Ec. (1.12)}$$

La acción de control P es un control eficaz de hecho se usa con mucha frecuencia pero su concepción es muy pobre ya que necesita la presencia de error para actuar. Es por tanto, un error, actual en el sentido de que su acción depende del valor actual del error de cada instante.

1.2.3.5 Materiales utilizados para la automatización

1.2.3.6 PLC

Las entradas en todo PLC están alineadas en la parte superior o inferior, por los cuales ingresan las señales analógicas o digitales provenientes de los dispositivos como:

- Sensores
- Interruptores,
- Pulsadores

Las salidas en todo PLC son también terminales normalmente alineados en la parte superior o inferior. De estos terminales salen las señales para activar los dispositivos como:

- Alarmas
- Motores
- Bobinas
- Luces

Estas señales de salida son producidas por la unidad de memoria el PLC como resultado del análisis de las entradas dentro del programa que se está corriendo las entradas y salidas se relacionan continuamente a través del programa cargado, que escanea todas las entradas en forma periódica a intervalos menores al milisegundo en la figura 1.11 se muestra un plc convencional existente en el mercado.

FIGURA 1.11: CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE



Fuente: http://www.servautomatizaciones.com/plc/page_a.html (01/04/2014)

1.2.3.7 HMI (Human Machine Interface)

HMI son las siglas en el idioma inglés (interface hombre maquina), las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI más eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso.

El software permite las siguientes funciones: Interface gráfica, de modo que se puede ver el proceso e interactuar con el mismo, nos permite llevar un registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. Sin embargo solo con la primera acción ya estamos hablando de una función HMI. Actualmente para la comunicación se usa un software denominado servidor de comunicaciones, el que se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y el software de aplicación (HMI u otros).

1.2.3.8 Controlador de temperatura.

La temperatura se controlara mediante dos equipos indispensables como son el controlador y la termocupla., un controlador de temperatura, inicia en la temperatura ambiente y se incrementara ascendiendo hasta llegar a un punto máximo, y utilizar la alarma número uno y aprovechar la señal para desconectar el sistema dentro de la programación esta será la señal que permita cerrar el sistema, en la figura 1.12 se muestra un controlador de temperatura

FIGURA 1.12: CONTROLADOR DE TEMPERATURA



Fuente:http://es.made-in-china.com/co_yuyaogongyi/image_Temperature-Controller-XMTG-808-_hruiyyohg_fvIaCTMyHwur.html(05/04/2014)

En la tabla 1.7 se observa la compatibilidad del controlador de temperatura con los diferentes elementos que puede funcionar

TABLA 1.7: COMPATIBILIDAD DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA

COMPATIBILIDAD DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA			
Termocupla	Temperatura de trabajo grados centígrados	Resistencia termal	Temperatura de trabajo en centígrados
K	-50~1300	CU50	-50~150
S	-50~+1700	PT100	-20~600
T	-200~+350		
E	0~800		
J	0~1000		
B	0~1800		
N	0~1300		
WRe	0~2300		

Fuente:[http://es.made-in-china.com/co_yuyaogongyi/product_Temperature-Controller-XMTG-808-_hruiyyoh\(11\06\2014\)](http://es.made-in-china.com/co_yuyaogongyi/product_Temperature-Controller-XMTG-808-_hruiyyoh(11\06\2014))

➤ **Propiedades técnicas**

- Tiempo de reacción: ≤ 0.5 s (el parámetro del filtro fija 0)
- Alarma la salida pasiva del contacto del soporte dos, contacto de relés 250 VAC / 7AIt tiene cuatro métodos incluyendo el límite superior, un límite más bajo, desviación positiva, desviación negativa. Puede hacer salir 2 maneras a lo sumo
- Fuente de alimentación: 85V-242VAC, &le de la consumición 50-60HZpower; 4W
- Condición económica de trabajo Temperatura del ambiente: 0~50, &le de la humedad; 85

1.2.3.9Fuente 110 V A 24 V

Como el PLC además de otros elementos está alimentado con un voltaje de 24 voltios es necesario tener una fuente que sea capaz de transformar los 110 voltios de alimentación a los 24 voltios que manejan los equipos para el control automático del proceso de vitrificación y los ideales son las mini fuente logo de siemens como se muestra en la figura 1.13.

FIGURA 1.13: FUENTE LOGO SIEMENS



Fuente:[http://www.automation.siemens.com/mcms/power-supplysitop/es/24vdc/pages/default.aspx\(16\06\201](http://www.automation.siemens.com/mcms/power-supplysitop/es/24vdc/pages/default.aspx(16\06\201)

En la figura 1.14. Observamos la hoja técnica de la fuente logo

FIGURA 1.14: HOJA TÉCNICA DE LA FUENTE LOGO A 24V

Datos técnicos			
Fuente de alimentación, tipo	24 V/1,3 A	24 V/2,5 A	24 V/4 A
Referencia	6EP1 331-1SH02	6EP1 332-1SH42	6EP1 332-1SH51
Entrada	monofásica AC	monofásica AC	monofásica AC
Tensión nominal $V_{e, nom}$	100-240 V AC entrada de rango amplio	100-240 V AC entrada de rango amplio	100-240 V AC entrada de rango amplio
Rango de tensión	85 ... 264 V AC	85 ... 264 V AC	85 ... 264 V AC
Resistencia a sobretensiones	$2,3 \times V_{e, nom}/1,3 \text{ ms}$	$2,3 \times V_{e, nom}/1,3 \text{ ms}$	$2,3 \times V_{e, nom}/1,3 \text{ ms}$
Puenteo de fallos de red con $I_{s, nom}$	> 40 ms con $V_e = 187 \text{ V}$	> 40 ms con $V_e = 187 \text{ V}$	> 40 ms con $V_e = 187 \text{ V}$
Frecuencia nominal de red, rango	50/60 Hz; 47 ... 63 Hz	50/60 Hz; 47 ... 63 Hz	50/60 Hz; 47 ... 63 Hz
Intensidad nominal $I_{e, nom}$	0,7-0,35 A	1,22-0,66 A	1,95-0,97 A
Limitación de intensidad de conexión (+25 °C)	< 15 A	< 30 A	< 30 A
I^2t	< 0,8 A ² s	< 3 A ² s	< 2,5 A ² s
Fusible de entrada incorporado	interno	interno	interno
Magnetotérmico (IEC 898) recomendado en la línea de alimentación	desde 16 A, curva B; desde 10 A, curva C	desde 16 A, curva B; desde 10 A, curva C	desde 16 A, curva B; desde 10 A, curva C
Salida	tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente	tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente	tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión nominal $V_{s, nom}$	24 V DC	24 V DC	24 V DC
Tolerancia total, estática	±3 %	±3 %	±3 %
• Comp. estática variación de red	aprox. 0,1 %	aprox. 0,1 %	aprox. 0,1 %
• Comp. estática variación de carga	aprox. 1,5 %	aprox. 1,5 %	aprox. 1,5 %
Ondulación residual	< 200 mV _{pp} (tip. 10 mV _{pp})	< 200 mV _{pp} (tip. 10 mV _{pp})	< 200 mV _{pp} (tip. 10 mV _{pp})
Spikes (ancho de banda aprox. 20 MHz)	< 300 mV _{pp} (tip. 20 mV _{pp})	< 300 mV _{pp} (tip. 40 mV _{pp})	< 300 mV _{pp} (tip. 80 mV _{pp})
Rango de ajuste	22,2 ... 26,4 V	22,2 ... 26,4 V	22,2 ... 26,4 V
Indicador de funcionamiento	LED verde para tensión de salida o k	LED verde para tensión de salida o k	LED verde para tensión de salida o k
Comportamiento al conectar/desconectar	sin rebase transitorio de V_s (arranque suave)	sin rebase transitorio de V_s (arranque suave)	sin rebase transitorio de V_s (arranque suave)
Retardo/subida de tensión en arranque	< 0,5 s/tp. 15 ms	< 0,5 s/tp. 10 ms	< 0,5 s/tp. 35 ms
Intensidad nominal $I_{s, nom}$	1,3 A	2,5 A	4 A
Rango de intensidad ... +55 °C	0 ... 1,3 A	0 ... 2,5 A	0 ... 4 A
Posibilidad de conex. en paralelo para aumento de potencia	si	si	si

Continúa en la página 12/9.

FUENTE: [http://www.automation.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/es/24vdc/pages/default.aspx\(16\06\2014\)](http://www.automation.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/es/24vdc/pages/default.aspx(16\06\2014))

Las fuentes de alimentación ofrecen muchas prestaciones en un espacio mínimo: El rendimiento se ha mejorado. La entrada de rango amplio para redes monofásicas, la posibilidad de conexión a redes de corriente continua, el amplio rango de temperatura de empleo, las numerosas homologaciones así como el extra de potencia disponible para conectar cargas resistivas permiten su uso universal.

Estas fiables fuentes de alimentación en caja plana con perfil lateral escalonado pueden integrarse con gran flexibilidad en numerosas aplicaciones, por ejemplo en cajas de distribución eléctrica.

1.2.4 Sensor De Llama

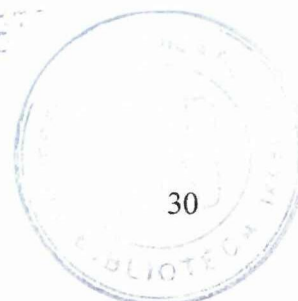
El factor de seguridad es muy simple al igual que los quemadores de aire forzado al no existir una detección de la llama el sistema tendrá que desconectarse para evitar cualquier anomalía en el proceso, el sensor de llama detecta la flama piloto además de la secundaria Y durante todo el proceso de producción.

Este equipo observado en la figura 1.15 permite iniciar y controlar la llama. El equipo LGA52.150A17 A 110 VOLTIOS Y 50-60 HZ efectúa la vigilancia de la llama mediante un electrodo.

FIGURA 1.15: SENSOR DE LLAMA



Elaborado por: Los Tesistas



1.2.4.1 *Selector dos posiciones.*

Permite seleccionar la opción de manual o automático para tener un mayor control mediante diferentes dispositivos que conforman nuestro tablero eléctrico conmuta dos o más posiciones estables, en las que permanece tras su accionamiento, en la figura 1.16 se muestra un selector de dos posiciones.

FIGURA 1.16: SELECTOR DOS POSICIONES



Fuente:[http://www.electricasbogota.com/detalles/selectores-de-muletilla-22mm-plasticos/2684-20365\(22\06\2014\)](http://www.electricasbogota.com/detalles/selectores-de-muletilla-22mm-plasticos/2684-20365(22\06\2014))

1.2.4.2 *Pulsadores*

Es un elemento de conmutación (conecta y desconecta) manual por presión, cuyo contacto solamente tiene una posición estable. Al pulsarlo, cambia de posición, y al dejar de pulsarlo, retorna a su posición primitiva mediante un muelle o un resorte interno. Por lo general se utilizan pulsadores de color verde y rojo como se muestra en la figura 1.17.

FIGURA 1.17: PULSADORES



Fuente:[http://www.electricasbogota.com/detalles/selectores-de-muletilla-22mm-plasticos/2684-20365\(22\06\2014\)](http://www.electricasbogota.com/detalles/selectores-de-muletilla-22mm-plasticos/2684-20365(22\06\2014))

1.2.4.3 Pulsador de emergencia o parada.

Un tipo de pulsador muy utilizado en la industria es el llamado pulsador de paro de emergencia, denominado comúnmente seta. La cabeza de estos pulsadores es bastante más ancha que en los normales y de color rojo. Permite la parada inmediata de la instalación eléctrica cuando ocurre un accidente., de haber una situación de peligro, mal funcionamiento de algún componente (mecánico, eléctrico, electrónico), o cualquier motivo de emergencia que podrá ser accionado para evitar cualquier siniestro este tipo de pulsador se muestra en la figura 1.18.

FIGURA 1.18: PULSADOR DE EMERGENCIA



Fuente:<http://www.pizzuti.com.ar/catalogue/pulsadores-2372/pulsador-hongo-tipo-parada-de-emergencia-+-trigger.-rojo-5685.html>(22\06\2014)

1.2.4.4 Luz piloto

Es una luz que indica cual número o condiciones normales de un sistema o dispositivo existe. Una luz piloto es también conocida como una luz monitor., las cuales sirven como indicadores del accionamiento para cada uno de los pasos a seguir, como también del estado manual y automático generalmente se usan de color verde o rojo como se muestra en la figura 1.19.

FIGURA 1.19: LUZ PILOTO

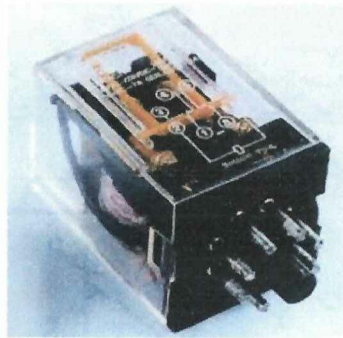


Fuente:<http://es.aliexpress.com/item/AD16-22DS-Indicator-lamp-LED-lamp-Pilot-Lamp-Signal-lamp-Indicator-light-Pilot-light-Signal-light/html>(22\06\2014)

1.2.4.5 Relés

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes en la figura 1.20 se muestra un relé convencional.

FIGURA 1.20: RELÉS



Fuente: <http://www.camsco.com.tw/spa/relay.htm>(22\06\2014)

1.2.4.6 Fusibles

Son pequeños dispositivos como se ve en la figura 1.21 que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de "quemarse" o estropearse.

FIGURA 1.21: FUSIBLES



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/eti/fusibles-proteccion-contrasobretensiones-26771-477167.html>(22\06\2014)

1.2.4.7 Sensor de temperatura (Termocupla)

Existe una gran variedad de Termocuplas (Tipo K, Tipo J, Tipo E, Tipo T, Tipo R, Tipo S) con distintas configuraciones, sin embargo, el 90% de las termocuplas usadas son del tipo J y K. se eligen dependiendo el nivel temperatura, hay que conocer los parámetros de cada uno de los tipos y saber sus normas de trabajo a las que pueden ser sometidas y no producir la fundición de este elemento necesario para tomar la lectura indicada la más aplicada es la de tipo K como se muestra en la figura 1.22.

FIGURA 1.22: TERMOCUPLA



Fuente:<http://www.jmi.com.mx/sensores.htm>(07/08/2014)

1.2.4.8 Reductor de presión

Al alimentar el sistema directamente con válvulas industriales, las cuales no reducen la presión, es necesario un reductor de presión para evitar las excesivas anomalías ya que este factor puede generar un mal manejo del sistema y alterar el valor de las aperturas que se necesitan programar, este reductor tiene que ser apropiado para que resista una presión máxima de 250 psi y regular hasta el

parámetro de operación deseada en la figura 1.23 se puede apreciar un reductor de presión.

FIGURA 1.23: REDUCTOR DE PRESIÓN



Fuente: www.pyses.com.mx/catalogo_cms.html(07/08/2014)

1.2.4.9 *Electroválvulas*

Son válvulas electromecánicas, diseñada para controlar el flujo de un fluido, líquido o gaseoso, a través de una tubería está controlada por una corriente eléctrica por una bobina solenoidal responsable de suministrar combustible, para permitir la paso de un elemento, y detener el suministro para evitar peligro existen un sin número de electroválvulas, en la figura 1.24 se pueden apreciar algunas de ellas.

FIGURA 1.24: ELECTROVÁLVULAS



Fuente: <http://guayaquil.olx.com/valvulas-solenoides-valvulas-agua-aceite-aire-combustibles-vapor-guayaquil>(16\06\2014)

1.2.5 Transformador

Es el equipo que generara un alto voltaje para producir la chispa y encender la flama, éste transformador puede generar un voltaje de 10000 voltios, energía suficiente para que la chispa sea visible, para que esto suceda en el terminal debe estar un electrodo produciendo la chispa en el opuesto metálico, se los encuentra como parte de los quemadores de aire forzado de distintos modelos y marcas como se observa en la figura 1.25.

FIGURA 1.25: TRANSFORMADOR



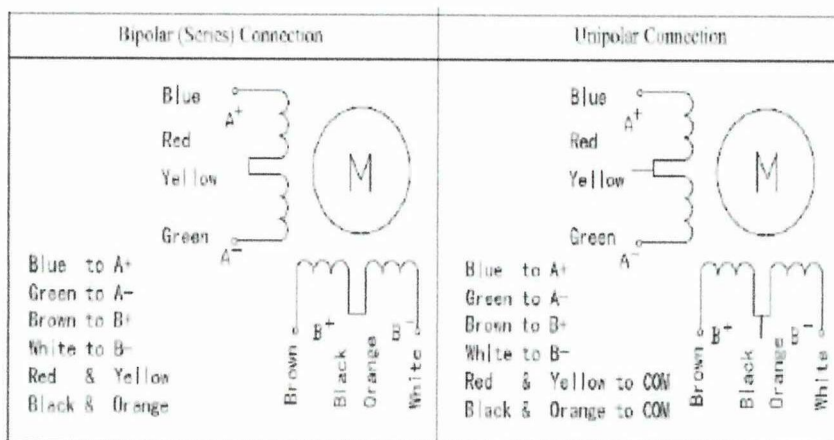
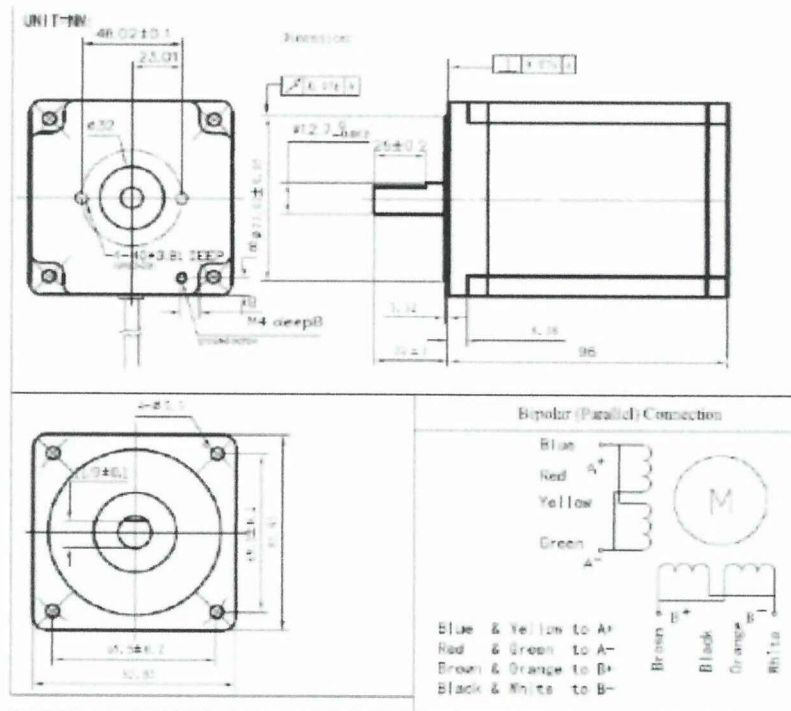
Fuente:[http://fullequiposycalderas.com/transformadores-y-electrodos/transformadores-1\(16\06\2014\)](http://fullequiposycalderas.com/transformadores-y-electrodos/transformadores-1(16\06\2014))

1.2.5.1 Motor a pasos.

Es un motor que ayudara al control de la válvula manual mediante la detección de pulsos. Este motor debe ser bipolar para realizar movimientos hacia atrás y hacia adelante necesarios para el proyecto.

Al tener en cuenta el torque necesario para abrir la válvula manual, el dimensionamiento del motor es importante para que trabaje con normalidad, sin exceder el diseño pero a la vez que abastezca el trabajo necesario, motivo por el cual el motor seleccionado es el KL34H295-43-8 que tiene un torque de un máximo de 6 Nm. como se observa en la hoja técnica del motor a pasos en la figura 1.26.

FIGURA 1.26: HOJA TÉCNICA DEL MOTOR A PASOS



STEP ANGLE	CONNECTION STYLE	CURRENT	RESISTANCE	INDUCTANCE	HOLDING TORQUE	ROTOR INERTIA	WEIGHT
DEG/STEP		A	ohms	mH	OZ-IN	gcm ²	Kg
1.8	Parallel	6.1	0.35	3.3	960	1400	2.3
	Series	3.05	1.4	13.2			
	Unipolar	4.3	0.7	3.3	640		

Fuente: <http://www.automationtechnologiesinc.com/products-page/nema-34/nema34-stepper-motor-%E2%80%93-906-oz-in-6-1a-single-shaft-k134h295-43-8b> (10/04/2014)

Para determinar el valor verdadero necesario hay que realizar una conversión de NM a OZ-IN la cual se puede observar en la tabla 1.8.

TABLA 1.8: HOJA DE CONVERSIÓN DE NM A OZ-IN

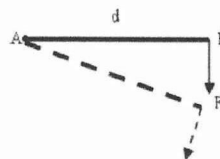
UNIDADES	CN.M	NM	OZ.IN
1cNm	1.000	0.0100	1.456
1Nm	100.0000	10000	141.5612
1ozf.in	0.7064	0.0071	1.0000
1kfm.cm	9.8070	0.0981	13.8872

Fuente: <http://www.vendo.com.pe/Accesorios/Conversion%20de%20unidades%20de%20torque.htm> (10/04/2014)

1.2.5.2 Torque necesario para abrir la válvula manual

Considerando los elementos de intensidad de la fuerza y distancia de aplicación desde su eje, el momento de una fuerza es, matemáticamente, igual al producto de la intensidad de la fuerza por la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza hasta el eje de giro.

Expresada como ecuación, la fórmula es:



$$M = F \cdot d \text{ Ec. (1.13)}$$

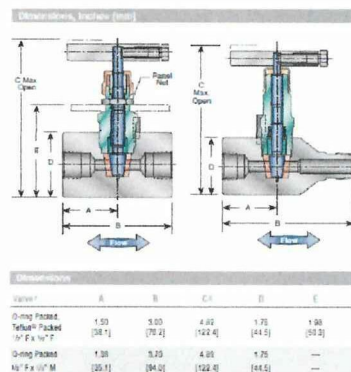
Donde **M** es momento o torque

F = fuerza aplicada

d = distancia al eje de giro

La válvula manual comunicada con el motor que se usa se puede visualizar en la figura 1.27.

FIGURA 1.27: VÁLVULA MANUAL

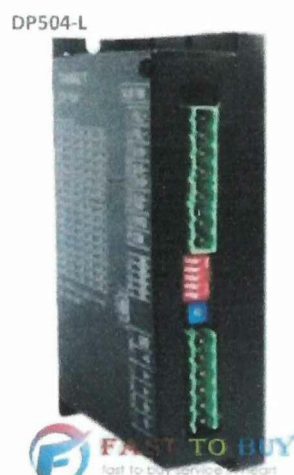


Fuente: [Http://Www.Arcoengineering.Com/Products/Ag/Ag.Htm](http://Www.Arcoengineering.Com/Products/Ag/Ag.Htm) (05/042014)

1.2.5.3 Drive

Es un elemento del tablero necesario para dar la señal de los pulsos en la dirección, del motor para tener una apertura apropiada, puede conducir cualquier motor paso a paso de 4, 6,8 líneas con corrientes de hasta 5 amperios el instrumento se lo puede apreciar en la figura 1.28.

FIGURA 1.28: DRIVE PARA MOTOR A PASOS



Fuente: <http://es.aliexpress.com/item/Xinje-2-Phase-Stepper-Drive-DP504-L-Up-to-40VDC-5-0A-200Hz-200-Subdivision-New/862191676.html> (10/04/2014)

Las especificaciones técnicas se especifican en la tabla 1.9.

TABLA 1.9: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DRIVE

DETALLE	VALORES
Voltaje de entrada(vdc)	20-36-40
Corriente de salida(amp)	0-5
La lógica de entrada de corriente(ma)	4-7-16
Paso de frecuencia de pulso(khz)	0-200
La temperatura ambiente	0° c ~50° c
La temperatura máxima	70° c
La resistencia	5.9m/s ² max
Temperatura de almacenamiento	-20° c ~65° c
Dimensiones externas	138& veces; 85& veces; 38mm

Fuente: <http://es.aliexpress.com/item/Xinje-2-Phase-Stepper-Drive-DP504-L-Up-to-40VDC-5-0A-200Hz-200-Subdivision-New/862191676.html> (10/04/2014)

1.2.5.4 Sensor de proximidad

Un sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor, existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico para la aplicación es necesario usar un sensor inductivo

- **Inductivos:** han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida.

Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de

estado sólido o la posición "ON" y "OFF" en la figura 1.29 se puede apreciar un sensor de proximidad y sus componentes.

FIGURA 1.29: SENSOR DE PROXIMIDAD



Fuente:[https://www.google.com.ec/search?q=TABLA+TECNICA+DE+UN+SENSOR+DE+PROXIMIDAD+INDUCTIVO&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=8rOfU7SfB-eq8AGcrYD4CQ&ved=0CDcQ7Ak&biw=1024&bih=657\(16\06\2014\)](https://www.google.com.ec/search?q=TABLA+TECNICA+DE+UN+SENSOR+DE+PROXIMIDAD+INDUCTIVO&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=8rOfU7SfB-eq8AGcrYD4CQ&ved=0CDcQ7Ak&biw=1024&bih=657(16\06\2014))

1.2.5.5 Cable flexible

El cable observado en la figura 1.30 está diseñado para su uso con productos sumergibles estándar antideflagrantes en aplicaciones donde la temperatura ambiente no supere los 70 ° C.

Datos de Construcción

- Capacidad de conducción de corriente 10 amp.
- Resistencia máxima 20°C CC $21.8 \frac{\Omega}{Km}$
- Conductores: hilos de cobre.

FIGURA 1.30: CABLE AWG



Fuente:[http://www.robalinorosero.com/cables/flexible-1/cable-flexible-18.html\(22\06\2014\)](http://www.robalinorosero.com/cables/flexible-1/cable-flexible-18.html(22\06\2014))

CAPÍTULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

ANTECEDENTES

2.1. ORÍGENES DE LA EMPRESA

World Ceramic se deriva de una mediana empresa, llamada Novel 2 la cual tiene más de 15 años en el mercado nacional, puesto que las expectativas de este negocio dedicado a la elaboración de productos cerámicos son muy amplias, tanto en la parte económica, y dentro del ámbito profesional.

Después de tener los conocimientos de este trabajo, aparece la oportunidad de obtener los recursos necesarios y producir una pequeña línea de productos cerámicos, entonces se inicia a armar un pequeño negocio, el cual le permite independizarse, abandonando la labor como empleado y permitiéndole iniciar con su propio taller artesanal.

Aunque World Ceramic solo tiene 2 años en el mercado, observa las necesidades de tecnificación en el taller, para obtener una producción más adecuada y eliminar los problemas técnicos presentes. El área que más deficiencias se observa es la vitrificación de los artículos en el horno. Después de un tiempo de producción continua observa la necesidad de ir mejorando e implementar mecanismos a este

sistema, pensando en mejorar el horno utilizado para la vitrificación de piezas cerámicas, éste avance es la automatización del horno para el proceso de cocción.

Realizados los arreglos correspondientes se evidenciará muchas mejoras tales como; la reducción de fugas térmicas, menor consumo de combustible, adecuado control de la temperatura, control automático de diferentes etapas del proceso y principalmente el ahorro de tiempo y dinero, que generará después de re potenciar la cámara de combustión y su proceso de vitrificar.

Proyectándose a futuro, se mejorarán las diferentes máquinas e instrumentos utilizados para el desarrollo y actualización de esta microempresa la cuál aspira crecer paulatinamente, con la creación de nuevas líneas de producción como jarrones, centros de mesa, piezas decorativas etc.

2.1.1 Misión

Producir productos de calidad y de gran variedad, que marquen una diferencia significativa para el consumidor, e inclusive llegando a personalizar los productos de acuerdo a la necesidad no solo de las empresas, sino de la persona común, que requiera de algún producto decorativo, utilitario o también publicitario, plasmando en la realidad la imaginación del producto que requiera el consumidor.

2.1.2 Visión

World Ceramic a largo plazo pretende abrir mercado con productos de mayor tamaño y decoración más definida, competir con las grandes empresas, llegando a producir productos con exquisitos acabados, mediante la implementación de

nuevas tecnologías, en la producción, satisfaciendo las necesidades de los clientes, con productos de primera calidad.

2.2 DISEÑO METODOLÓGICO

2.2.1 Método De Investigación

Para analizar el proceso de vitrificación, globalmente, hay que revisar cada uno de los sistemas que intervienen en el horno, por este motivo se aplica el método analítico identificando las partes que intervienen en la automatización como son; la cámara de combustión, distribución y sistema automático, mejorando adecuadamente su funcionamiento, todos son parte de un proceso universal que es la vitrificación, al realizar la automatización mejoramos el sistema, con los programas, elementos eléctricos y electrónicos.

La automatización se realiza satisfaciendo las necesidades del taller y de acuerdo a los distintos tipos de proceso, que se realiza actualmente, tomando en cuenta la temperatura máxima de trabajo.

2.2.2 Tipos De Investigación

2.2.2.1 Investigación documental

Este tipo de investigación se aplica para identificar plenamente el proceso, y las etapas que intervienen en la vitrificación de la cerámica, revisando los informes, libros y cualquier hecho en cuanto a este procedimiento, permitiéndonos recopilar la información existente en el tema, conocer los equipos que sirven para poder realizar la automatización apoyándonos en la teoría y datos técnicos de los equipos.

2.2.2.2 Investigación descriptiva

Se realizó una investigación de tipo descriptiva, lo que condujo a establecer el diagnóstico completo del proceso para vitrificar cerámica, es decir se realiza un análisis del proceso, anotando las variables que se manejan en el horno como por ejemplo:

- temperaturas de trabajo
- consumo y presión del combustible;
- cantidad de figuras introducida en el horno;
- tiempo para culminar el proceso;
- porcentaje de fugas térmicas;
- calidad de combustión;
- nivel en la apertura de válvulas.

Dentro de este capítulo los valores de temperatura son necesarios para realizar los tres tipos de vitrificación, y generalmente manejan temperaturas de entre 710°C y 1200°C.

2.2.2.3 Investigación de campo

Se utilizó la investigación de campo uniendo las cualidades del horno con los valores necesarios para el proceso de la vitrificación.

En este capítulo se desarrolló la propuesta para luego ser comparadas, con los valores iniciales, y comprobar la eficiencia de los sistemas mejorados y automatizando el proceso de vitrificación, que tendrán que ser sometidos a una comparación antes y después de implementado el proyecto, involucrándonos en la adaptación e instalación de los equipos necesarios para el proceso de vitrificación.

2.2.3 Técnicas

2.2.3.1 La Observación

Se ha mencionado anteriormente que para el desarrollo del proyecto la técnica a ser utilizada es la observación los valores con los que trabaja el proceso, para posteriormente ser comparada con los valores arrojados al finalizar el proyecto, además se tiene que realizar preguntas al personal del taller que opera el sistema.

Conociendo cuáles son las necesidades del horno y determinar cuál es el funcionamiento del proceso y estar al tanto de en qué parte del proyecto es aplicable introducir señales programables del horno para realizar el proceso automático, como tiempos de apertura de válvula, y porcentaje para que estos pasos no sean realizados por la intervención de un operario remplazándolo por un sistema automático.

2.2.3.2 La Medición

Esta técnica se utiliza para recopilar datos en el que se encuentra el sistema, mediante la utilización de una termocupla, con este instrumento se mide la temperatura en la cámara de combustión tanto del estado preliminar como posterior al desarrollo del proyecto, y realizar la comparación de datos obtenidos, determinando de esta manera el ahorro de combustible consumido en el proceso de vitrificación, optimizando el tiempo de trabajo, reduciendo los costos con la eficiencia del sistema.

2.3.1 Hipótesis

¿La automatización del horno optimizara el proceso para vitrificar cerámica y mejorará la producción en el taller artesanal World Ceramic de Latacunga?

2.4.2 Variables De Investigación

TABLA 2.1: VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

VARIABLE			
INDEPENDIENTE	INDICADOR	DEPENDIENTE	
Proceso de vitrificar cerámica	Temperatura máxima fija	Automatización	
			Producción
			Temperatura
		Programación	

Elaborado por: *Los Testistas*

2.5 Análisis De Resultados Obtenidos

2.5.1 Vitrificación De Biscocho

En la actualidad el horno para vitrificar cerámica en el endurecimiento, trabaja con los parámetros de la tabla 2.2.

TABLA 2.2: PARÁMETROS GENERALES DE TRABAJO DEL HORNO

PROCESO DE VITRIFICACIÓN BISCOCHO							
Proceso	Temperatura °C	Cono Piro Métrico	Tiempo Minutos	Volumen De Carga Kg	Consumo Combustible	Presión Trabajo Psi	Apertura Válvula Máxima
Vitrificación Biscocho	1138	02	280	41.8	20 kg	12	18.8%

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *los Testistas*

2.5.2 Parámetros Específicos Del Proceso De Vitrificación En Biscocho

En el endurecimiento de la cerámica o vitrificación en biscocho en horno arroja los siguientes resultados observados en la tabla 2.3:

TABLA 2.3: PROCESO DETALLADO DE LA VITRIFICACIÓN EN BISCOCHO

Tiempo Minutos	Temperatura °C	Apertura de Válvula %
0	26°C Ambiente	11.11%
30	164°C	11.11%
60	307°C	13.3%
90	488°C	14.4%
120	584°C	16.6%
150	660°C	17.7%
180	797°C	18.8%
210	864°C	19%
240	970°C	19%
270	1086°C	19%
280	1125°C	19%

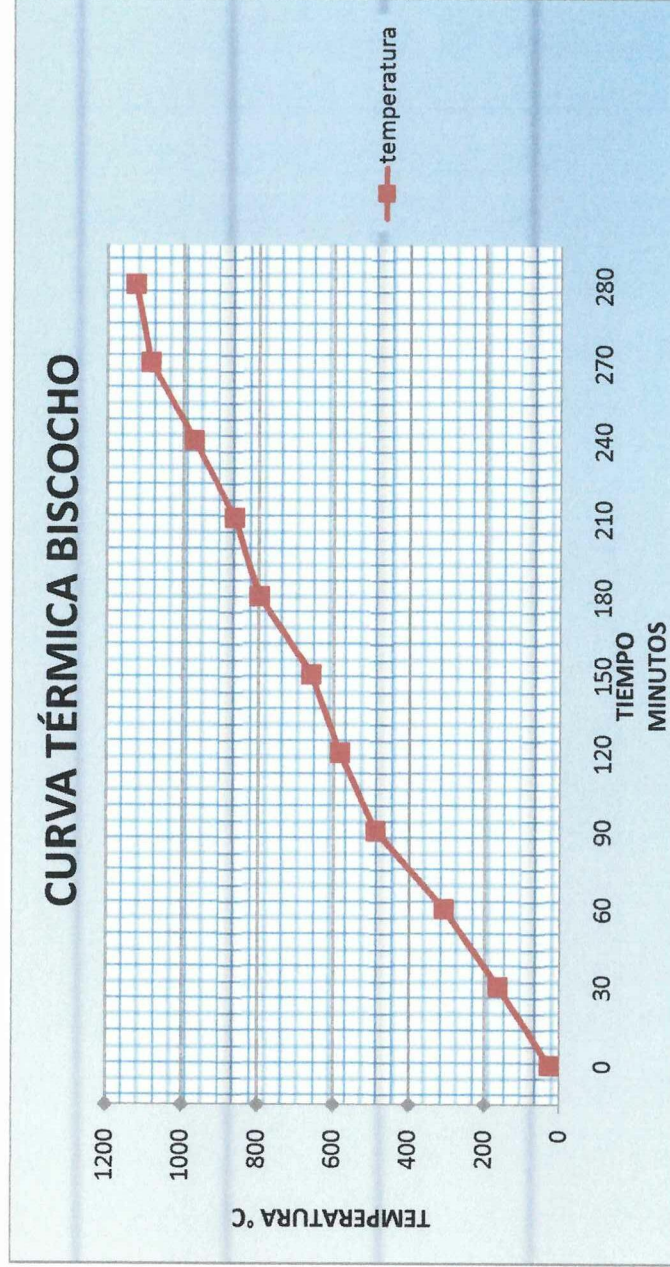
Fuente: *World Ceramic*

Elaborado por: *Los Tesistas*

2.5.3 Curva Térmica Biscocho

Introduciendo los valores resultantes de la vitrificación de biscocho se realiza la curva térmica como muestra el cuadro 2.1.

CUADRO 2.1: CURVA TÉRMICA BISCOCHO



Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*



2.6.1 Proceso De Vitriificación Del Esmalte

En la actualidad el horno para vitriificar esmalte y dar brillo a la cerámica, trabaja con los siguientes parámetros indicados en la tabla 2.4.

TABLA 2.4: PARÁMETROS GENERALES DE TRABAJO DEL HORNO

PROCESO DE VITRIFICACIÓN ESMALTE							
Proceso	Temperatura °C	Cono piro métrico	Tiempo Minutos	Volumen de carga kg	Consumo Combustible	Presión Trabajo PSI	Apertura Válvula Máxima
Vitriificación Esmalte	1065	04	240	30	15 kg	12	19%

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Testistas*

2.6.2 Parámetros Específicos Del Proceso De Vitrificación De Esmalte

En la vitrificación del esmalte el horno arroja los siguientes datos indicados en la tabla 2.5.:

TABLA 2.5: PROCESO DETALLADO DE LA VITRIFICACIÓN ESMALTE

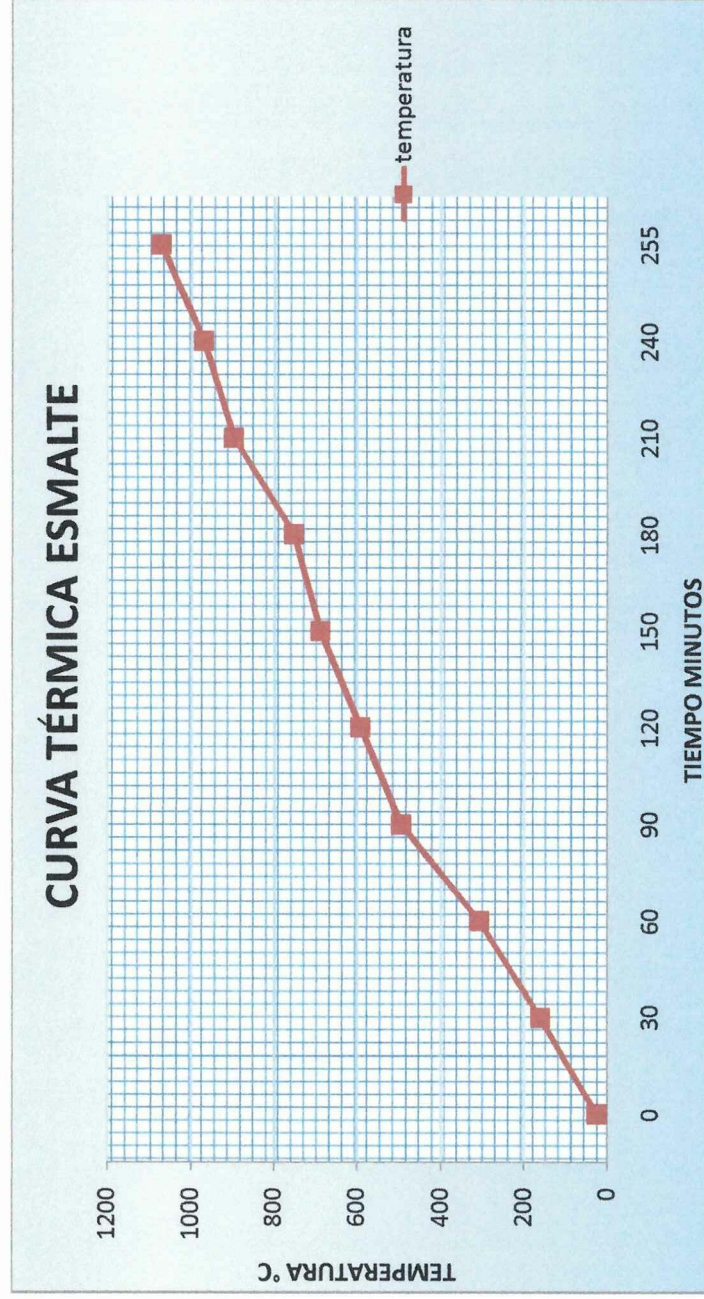
Tiempo Minutos	Temperatura °C	Apertura de Válvula %
0	24°C Ambiente	9.7%
30	160°C	9.7%
60	307°C	12.1%
90	495°C	13.9%
120	591°C	15.7%
150	689°C	17.3%
180	753°C	18.2%
210	897°C	18.8%
240	970°C	19%
255	1071°C	19%

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Testistas*

2.6.3 Curva Térmica Esmalte

Introduciendo los valores resultantes de la vitrificación de bischocho se realiza la curva térmica como muestra el cuadro 2.2.

CUADRO 2.2: CURVA TÉRMICA ESMALTE



Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

2.7.1 Proceso De Vitrificación Acabados

En la actualidad el horno para vitrificar los acabados de la cerámica, trabaja con los siguientes parámetros como indica en la tabla 2.6.

TABLA 2.6: PARÁMETROS GENERALES DE TRABAJO DEL HORNO

PROCESO DE VITRIFICACIÓN ACABADOS							
Proceso	Temperatura °C	Cono piro métrico	Tiempo Minutos	Volumen de carga kg	Consumo Combustible	Presión Trabajo PSI	Apertura Válvula Máxima
Vitrificación Acabados	725	018	180	25	10 kg	12	16%

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Testistas*

2.7.2 Parámetros Específicos Del Proceso De Vitrificación Acabados

En la vitrificación del esmalte el horno arroja los siguientes datos indicados en la tabla 2.7

TABLA 2.7: PROCESO DETALLADO DE LA VITRIFICACIÓN ACABADOS

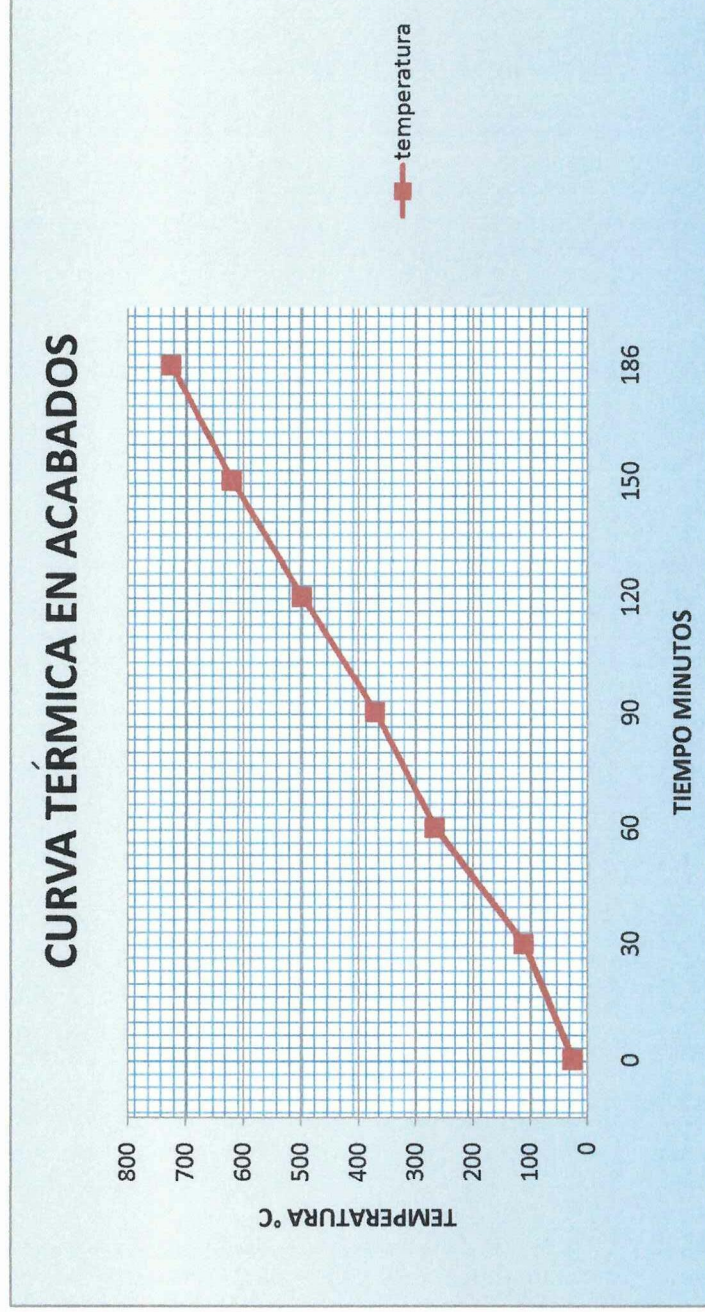
Tiempo Minutos	Temperatura °C	Apertura de Válvula %
0	25°C Ambiente	7%
30	111°C	7%
60	267°C	7%
90	370°C	10%
120	498°C	13%
150	620°C	14.6%
180	725°C	16%

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Testistas*

2.7.3 Curva Térmica Acabados

Introduciendo los valores resultantes de la vitrificación de biscocho se realiza la curva térmica como muestra el cuadro 2.3.

CUADRO 2.3: CURVA TÉRMICA ACABADOS



Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Testistas*

2.8 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para realizar la verificación de la hipótesis se aplica la prueba del chi cuadrado y los valores se indican en la tabla 2.8

TABLA 2.8 DATOS PARA LA VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

CONSUMO DE GLP		
	Valor observado	Valor esperado
Biscocho	40	32
Esmalte	15	11
Acabado	10	6
total	65	50

Elaborado por: *Los Tesistas*

Grado de libertad (3-1)=2

$$\chi^2 = \sum \frac{(F_0 - F_1)^2}{F_1}$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(40 - 32)^2}{32} = 2$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(15 - 11)^2}{11} = 1.45$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(10 - 6)^2}{6} = 2.6$$

$$\chi^2 = 6.11$$

Valor de la tabla chi cuadrado en grado de libertad 2 con nivel significativo de 0.05=5.99 por lo que se toma la hipótesis alternativa.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

3 Objetivos De La Propuesta

3.1.1 *Objetivo General*

- Re potenciar la cámara de combustión e implementar los elementos eléctricos y electrónicos para generar un incremento ascendente de temperatura en la vitrificación, y controlar el sistema, mejorando la producción y reduciendo los costos en el taller artesanal world ceramic.

3.1.2 *Objetivos Específicos*

- Reducir el consumo del GLP, evitando una mala mezcla entre el combustible y comburente, aprovechando todo su poder calorífico.
- Controlar la modulación de la válvula y motor en las aperturas y tiempos adecuados, ingresados previamente en la pantalla dependiendo del tipo de proceso.
- Reducir el tiempo de vitrificado, sin perjudicar la materia prima procesada dentro de la cámara de combustión.

3.2 Factibilidad de la Automatización

3.2.1 Factibilidad Técnica

La automatización del horno para el proceso de vitrificación de cerámica, realiza el análisis con temperatura de trabajo, distribución del fluido, termodinámica, de manera general, justificando la parte mecánica, y posteriormente en la parte con mayor énfasis es la parte de la automatización, inmiscuyendo la parte eléctrica y electrónica que intervienen en el proyecto.

En el proyecto implementado técnicamente tiene un control estable y eficaz en la temperatura gracias al controlador que nos da una lectura exacta, provocando que la cocción se realice de manera adecuada, independientemente del tiempo empleado, las capas de aislamiento en cámara de combustión, provocan que la misma permita la acumulación de temperatura, y el rango de pérdida a través de las paredes sea menor, reduciendo las fugas térmicas mediante la re potenciación de la cámara de combustión, como también la modulación que permite incrementar la temperatura en el momento y porcentajes requeridos.

3.2.2 Factibilidad Económica

Tomando en cuenta que el combustible utilizado es el gas licuado de petróleo (GAP), facilita deducir que se desperdicia el combustible, aunque no en las cantidades que antes se desperdiciaba gracias al aislamiento de la cámara de combustión, tomando el valor actual de gas industrial que es de 25 dólares, la bombona que contiene 15 Kg, resulta que cada Kg de GLP cuesta alrededor de un dólar con setenta centavos, hasta el año en que se desarrolla el proyecto al hacer un análisis de los valores totales de consumo y cantidad de dinero que se gasta a la semana, y mensualmente.

En la vitrificación del biscocho suma 40 Kg de GLP porque se realizan dos quemas a la semana, adicionando los procesos posteriores que se detalla en la tabla 3.1

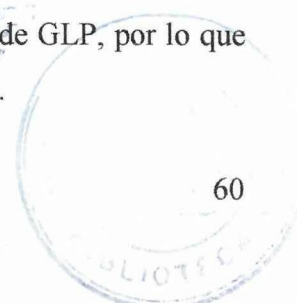
TABLA 3.1: CONSUMO MENSUAL DE COMBUSTIBLE GLP

CONSUMO DE GLP MENSUAL					
Proceso	Consumo semanal Kg	Total consumo semanal Kg	Total consumo mensual Kg	Valor por 1 Kg en dólares	Valor total dólares mensuales
Biscocho	40	65	260	1.666	433.16
Esmalte	15				
Acabados	10				

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

La reducción de un 20% en el consumo del combustible, al valor total mensual se ahorra unos 86.632 dólares, y anualmente significa un ahorro de 1039.584 dólares.

Los datos se tomaron de acuerdo al trabajo de una semana en temporada baja, y que fácilmente el consumo podría triplicarse en las temporadas donde sus ventas se incrementan, y sin contemplar el propósito de ingresar nuevos productos de mayor tamaño, que consumiría mensualmente unos 550 Kg de GLP, por lo que el proyecto en la parte económica se justifica en un par de años.



3.2.3 Factibilidad Operacional

El proceso de vitrificar cerámica se lo realizaba de manera completamente manual, mediante la apertura de una válvula de media vuelta, y no tenía un control adecuado, entonces la operación del proceso era deficiente, al realizar el proyecto, se justifica en la poca intervención del ser humano, evita problemas por el excesivo incremento, o descuidos en el tiempo de apertura, la distribución de calor permitirá vitrificar de manera homogénea todas las áreas del horno, pues están bien aislados, la diferencia será mínima entre la parte superior e inferior, los sistemas eléctricos y electrónicos del proyecto están concebidos para ser un sistema de control eficiente, aunque pueda verse robusto, el sistema puede acoplarse a un horno de mayor tamaño, pues se pretende instalar el mismo sistema, en un horno del doble de sus dimensiones, si fuese este el caso, el trabajo no cambia, y el sistema realiza un incremento modular de acuerdo a las características que se programe, la programación incrementa de forma gradual la intensidad de la flama en porcentajes y tiempos previamente guardados, hasta que llegue a una temperatura máxima, y en ese momento se finaliza el proceso de vitrificación, omitiendo el descuido humano.

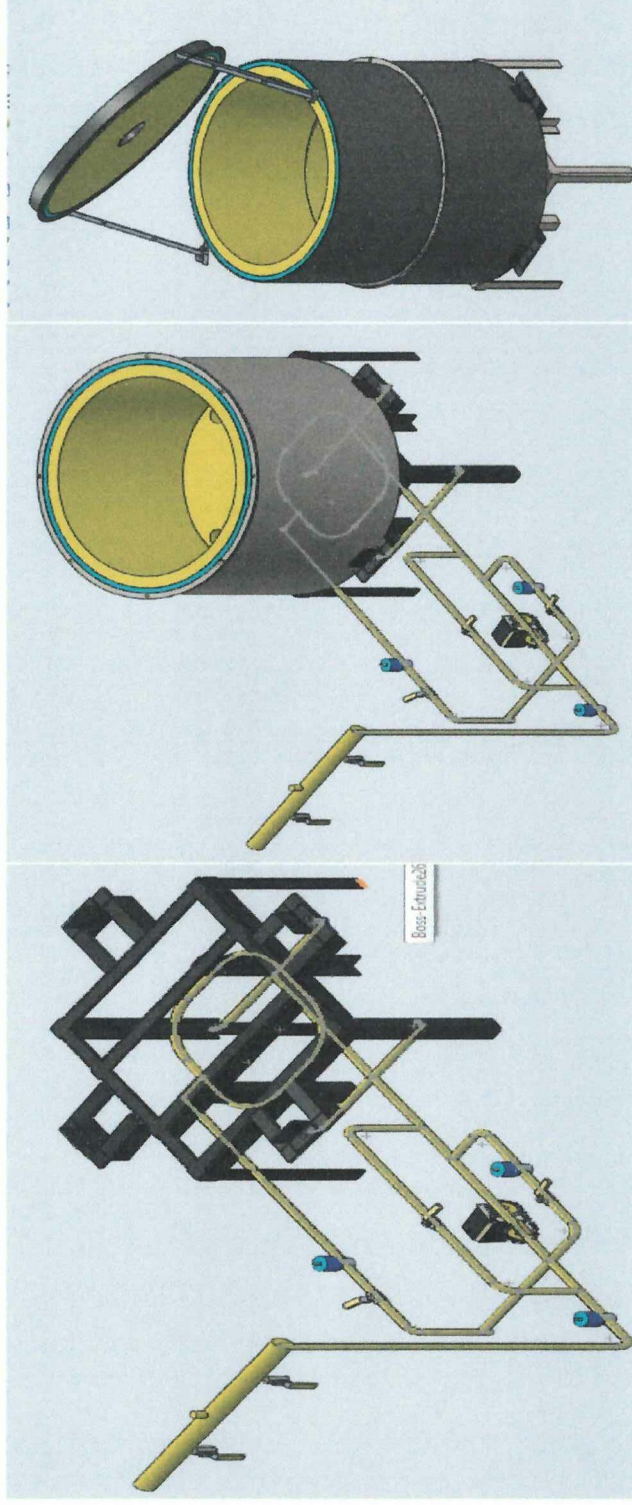
3.3 Desarrollo De La Propuesta

Ya que nos basamos en un horno con deficiencias, y funcionamiento completamente manual, se mejora todos los aspectos, como la re potenciación de la cámara de combustión, adicionando dispositivos eléctricos y electrónicos, tomando los valores de trabajo que se encuentran presentes al momento, con más atención en la parte de la automatización del proceso.

3.3.1 Re potenciación De La Parte Mecánica

En la figura 3.1 se observa la re potenciación aplicada al sistema y cámara de combustión.

FIGURA 3.1 RE POTENCIACIÓN DE LA PARTE MECÁNICA



Elaborado por: Los Testistas

3.3.1.1 Cálculo del diámetro de la tubería

Al aplicar la ecuación 1.1 de la página 12 se puede determinar el diámetro de la tubería apropiada para el sistema de distribución.

$$\Delta P = P_i^2 - P_f^2 = 48,6 \times \rho \times L_E \times \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}} \quad \text{Ec. (1.1)}$$

- Flujo másico o caudal nominal “Q” expresado en kg/h

$$Q = \frac{\text{potencia nominal total}}{\text{P. C. S}}$$

Fuente: Instalaciones del GLP, Cepsa Ed. 2001

$$Q = \frac{188896 \text{ kg/h}}{11960 \text{ Kcal/Kg}} = 15,8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\Delta P = P_i - P_f$$

$$\Delta P = 0,82 \text{ bar} - 0,20 \text{ bar} = 0,62 \text{ bar}$$

- $L_E = L_R \times 1,2$

$$L_E = 2,5 \text{ m} \times 1,2 = 3 \text{ m}$$

Aplicamos la ecuación 1.1 que al despejar el diámetro D nos queda

$$D = \left(\frac{48,6 \times \rho \times L_E}{\Delta P} \right)^{1/4,82} \times (Q)^{1,82/4,82}$$

$$D = \left(\frac{48,6 \times 1,16 \times 3 \text{ m}}{0,62 \text{ bar}} \right)^{1/4,82} \times \left(7,9 \text{ m}^3/\text{h} \right)^{1,82/4,82}$$

Resolviendo la ecuación anterior se obtiene un diámetro en mm de:

$$\text{Diámetro interior de la tubería “D”} = 6,54 \text{ mm} \quad \text{Resp. (1)}$$

3.3.1.2 Cálculo de la potencia de los quemadores

Este cálculo se realiza basándose en el consumo del combustible, para esto se necesita el valor equivalente de kilogramos en BTU, por lo que son necesarios los siguientes datos de la figura 1.4 para realizar las conversiones necesarias.

Para determinar la potencia de los quemadores, en BTU, observamos la cantidad en kg consumidos de GLP multiplicado por 46849 BTU. Como muestra la tabla 3.2.

TABLA 3.2: POTENCIA DE QUEMADORES

POTENCIA DE LOS QUEMADORES					
PROCESO	Consumo GLP (kg)	Tiempo Minutos	1KG GLP= 46849 BTU	Potencia Total BTU	Potencia Individual BTU
BISCOCHO	16	280	46849	749584	187396
ESMALTE	11	240	46849	515339	128834.75
ACABADO	7	180	46849	327943	81985.75

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

Para realizar los cálculos de la eficiencia del sistema las formulas requieren que las unidades de la potencia de los quemadores estén en kg/h, motivo por el cual se realiza la siguiente conversión observada en la tabla 3.3.

TABLA 3.3: CONSUMO DE QUEMADORES

CONSUMO CALORÍFICO DE LOS QUEMADORES		
DETALLE	Cantidad BTU	Cantidad en Kg/h
Un quemador	187369	47.38
Cuatro quemadores	749476	189.52

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

3.3.1.3 Cálculos De La Cámara De Combustión

Para calcular su área lateral se emplea la ecuación (1.6) de la página 20 y tenemos:

$$A_{\text{lateral}} = 2 \pi r \cdot h$$

Área total = área lateral + 2 x área de la base

$$A_{\text{total}} = A_{\text{lateral}} + 2A_{\text{base}}$$

Entonces,

$$A_{\text{total}} = 2 \Pi r h + 2 \Pi r^2$$

$$A_{\text{total}} = 2 \Pi r (h + r)$$

$$A = 2 \Pi (0.5) (1 + 0.5)$$

$$A = 2 \Pi (0.75 \text{m}^2)$$

$$A = 4.71 \text{m}^2$$

Resp. (2)

(Área necesaria para cubrir el horno con lámina de hierro y manta cerámica)

3.3.1.4 Cálculo Para La Base Del Horno

Al considerar todos los elementos que son ubicados en el horno, es de vital importancia que se determine la masa absoluta que tiene que soportar la base, esto se logra al sumar todos los elementos ubicados más la carga de mayor volumen.

Es necesario pesar los ladrillos, la manta cerámica, la lámina de hierro, sumar la carga con mayor volumen de la tabla número 2.2, e inclusive tomar en cuenta los implementos utilizados para realizar la carga por pisos y que posterior, a la suma total se multiplicara por la gravedad, encontrando así la fuerza con la que es atraída al suelo.

- Entonces si la lámina de hierro de 6 m² con un espesor de 0.6 mm pesa, 288 KG cuál será el peso total, de la lámina de hierro necesaria para cubrir el horno en su totalidad, si el área necesaria para el mismo es de 4.71 m².

$$\text{Peso lamina de hierro} = \frac{4.71 \text{ m}^2 \times 288 \text{ Kg}}{6 \text{ m}^2} = 266.08 \text{ Kg}$$

- La manta cerámica se ubica entre el ladrillo refractario y la lámina de hierro, su masa después de realizar el pesaje es de 12 Kg. Y luego se anexa a la tabla.

$$\text{Manta cerámica} = 12 \text{ Kg}$$

- Si tomamos de referencia las propiedades técnicas del cemento refractario sabemos que, el fabricante elabora el adecuado para el horno y pesan 25 Kg por saco, como se utilizara el cemento para unir los ladrillos se usa dos sacos de este material dando un total de 50 Kg de masa.

$$\text{Peso del cemento refractario} = 50 \text{ Kg}$$

- El ladrillo refractario que contiene el horno actual de acuerdo con las propiedades técnicas soporta unos 1200 °C y su masa individual es de 1,5 libras por lo que multiplicamos por el total existente del horno,

$$\text{Peso del ladrillo refractario} = 186 \times 0.68 \text{ kg} = 126 \text{ Kg}$$

- Los factores adicionales que soportara la base son
 - ✓ Carga de mayor volumen = 41.8 kg (Referente al Capítulo II tabla 2.2)
 - ✓ Planchas refractarias = 50 Kg
 - ✓ Pilastras del horno = 4.5 Kg

Al sumar todas las masas se multiplica por la gravedad para encontrar su peso total como muestra la tabla 3.4.

TABLA 3.4: PESO TOTAL QUE SOPORTA LA BASE DEL HORNO

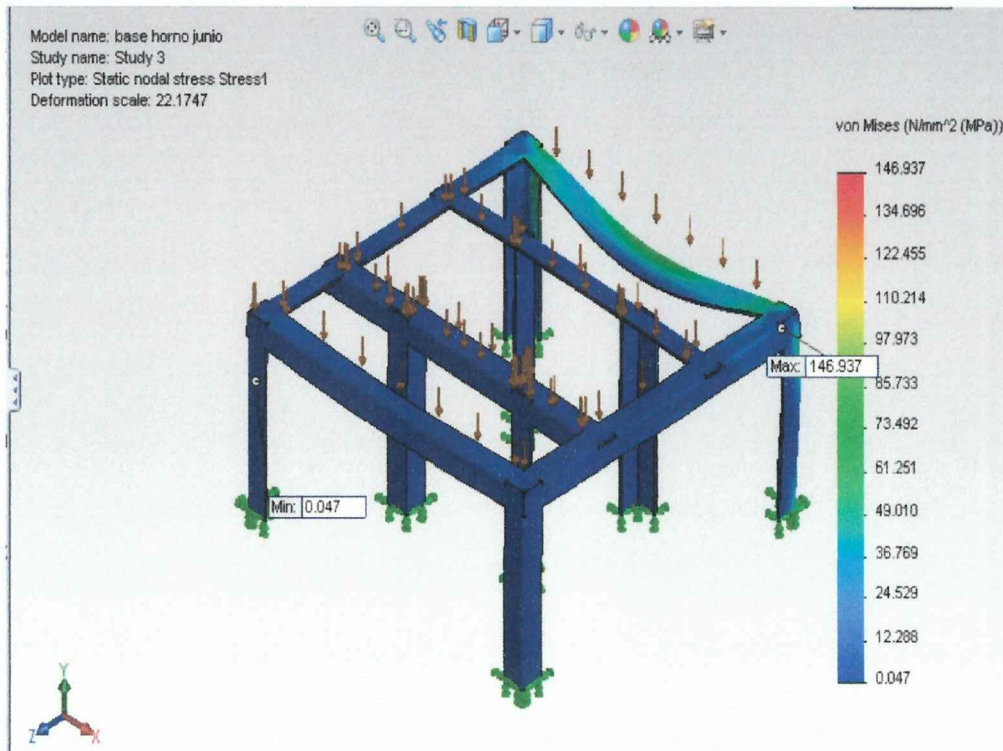
PESO TOTAL			
DETALLE	PESO (KG)	MULTIPLICADO POR (9.8 m/s)=Newton	TOTAL NEWTON
LAMINA DE HIERRO	266.08	2607.58	5393.72
MANTA CERÁMICA	12	117.6	
CEMENTO REFRACTARIO	50	490	
LADRILLO REFRACTARIO	126	1234.8	
CARGA DE MAYOR VOLUMEN	41.8	409.64	
PLANCHAS REFRACTARIAS	50	490	
PILASTRAS REFRACTARIAS	4.5	44.1	

Elaborado por: *Los Tesistas*

3.3.1.5 Resistividad de la base

Al conocer que el peso sostiene la base, es necesario comprobar si soporta la presión que la masa ejercida sobre el diseño, para esta simulación se lo realiza en el programa Solid Works y se aplica una fuerza de 6000 N a un ángulo de 0,6 milímetros de espesor y observamos al realizar la simulación que no existe una gran deformidad por lo que es aplicable al proyecto ya que esta con una tolerancia de más de 500 newton, como muestra la figura 3.2

FIGURA 3.2: RESISTIVIDAD DE LA BASE



Elaborado por: *Los Tesistas*

3.3.1.6 Cálculos Termodinámicos

Al aplicar la ecuación 1.5 de la página 18 podemos determinar si la temperatura teórica externa de 90 °C es la alcanzada después de implementar la pared compuesta por los aislantes en la cámara de combustión entonces:

Estimando el calor que pasa a través de la pared compuesta tenemos

$$Q = \frac{\Delta T_{\text{Total}}}{R_{\text{Total}}}$$

$$Q = \frac{\Delta T_{\text{Total}}}{R_{\text{ladrillo}} + R_{\text{manta}} + R_{\text{hierro}}}$$

Las resistencias individuales se calculan como:

$$R_{\text{ladrillo}} = \frac{L}{KA_{\text{ladrillo}}} = \frac{0.6 \text{ m}}{1.070 \frac{\text{W}}{\text{m.K}} \times 4.71 \text{ m}^2} = 0.119 \frac{\text{°K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{manta}} = \frac{L}{KA_{\text{manta}}} = \frac{0.025 \text{ m}}{0.04 \frac{\text{W}}{\text{m.K}} \times 4.71 \text{ m}^2} = 0.0132 \frac{\text{°K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{ladrillo}} = \frac{L}{KA_{\text{ladrillo}}} = \frac{0.0006 \text{ m}}{72 \frac{\text{W}}{\text{m.K}} \times 4.71 \text{ m}^2} = 0.000017 \frac{\text{°K}}{\text{W}}$$

Retomando la ecuación 1.5

$$Q = \frac{\Delta T_{\text{Total}}}{R_{\text{Total}}}$$

$$\Delta T = 1160 \text{ °C} - 90 \text{ °C} = 1070 \text{ °C} = 1080.05 \text{ °K}$$

$$Q = \frac{1080 \text{ °K}}{0.13 \frac{\text{°K}}{\text{W}}}$$

$$Q = 8308.07 \text{ W}$$

Para estimar la caída de temperatura por cada tramo de la pared compuesta podemos escribir.

$$Q = \frac{\Delta T_{\text{ladrillo}}}{R_{\text{ladrillo}}} = \frac{\Delta T_{\text{manta}}}{R_{\text{manta}}} = \frac{\Delta T_{\text{hierro}}}{R_{\text{hierro}}}$$

Por lo que:

$$\Delta T_{\text{ladrillo}} = QR_{\text{ladrillo}} = 83.08.07 \text{ W} \times 0.119 \frac{\text{°K}}{\text{W}} = 988.16 \text{ °K}$$

$$\Delta T_{\text{manta}} = QR_{\text{manta}} = 83.08.07 \text{ W} \times 0.0132 \frac{\text{°K}}{\text{W}} = 102.19 \text{ °K}$$

$$\Delta T_{\text{hierro}} = QR_{\text{hierro}} = 83.08.07 \text{ W} \times 0.000017 \frac{\text{°K}}{\text{W}} = 0.14 \text{ °K}$$

$$\Delta T_{\text{total}} = 1090 \text{ °K}$$

Resp.(3)

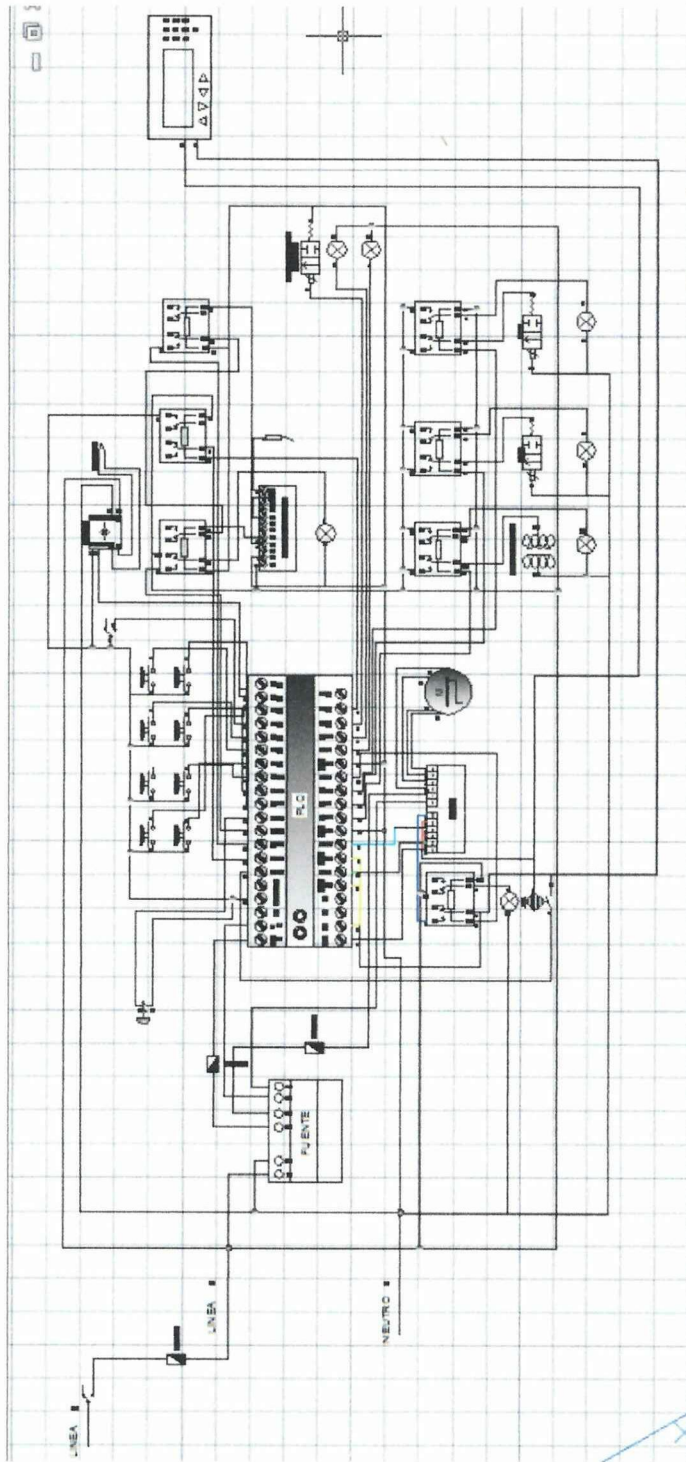
Al tener una resistencia total de 1090 °K comparándola con la diferencia de temperatura teórica externa se puede notar que es superior por 10 grados kelvin entonces al aislar las paredes de los tres materiales la temperatura de la cara externa de la cámara de combustión será de $\pm 90 \text{ °C}$



3.3.2 Diseño Esquemático Eléctrico

En la figura 3.3 se muestra el plano eléctrico implementado en el proyecto

FIGURA 3.3: PLANO ELÉCTRICO



Elaborado por: *Los Testistas*

Nota: Ver Anexo (11)

3.3.2.1 Requerimientos Eléctricos

Para el ensamblaje del tablero de control se necesitan los siguientes equipos detallados en la tabla 3.5

TABLA 3.5: EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

ELEMENTOS UTILIZADOS		
ÍTEM	CANTIDAD	VOL., AMP.
Selector 2 posiciones	2 unid	110V
Pulsador camscó monoblock verde	5 unid	110V
Pulsador camscó monoblock rojo	5 unid	110V
Pulsador camscó emergencia con retención rojo	1 unid	110V
Luz electrónica camscó verde	5 unid	110V
Luz electrónica camscó roja	2 unid	110V
Relé encapsulado camscó 2na- 2nc/5amp/8p	6 unid	110V
Porta fusibles camscó	6 unid	110V
Fusible rápido 10x38 4amp	4 unid	4 amp
Fusible rápido 10x38 1amp	2 unid	1 amp
Fusible rápido 10x38 10 amp	1 unid	10 amp
Bornera neutro 6mm 37102 10 awg	1 unid	
Bornera 2.5mm 12awg 37160	50 unid	

Canaleta DEXSON 25x40 2.5m ranurada gris	2 und	
Riel din 1mt	1 und	
Cable flexible nº 18 blanco	120 m	
Cable para termocupla	5 m	
Cable sucre 10 en 1	5m	
PLC de 15 entradas y 11 salidas XC324RT	1und	24v
Fuente logo 110v- 24v siemens 6ep1332-1sh43	1und	110-24v
Motor a pasos KL34H295-43-8ª	1und	24v
Drive XINJE DP504	1und	24v
Pantalla monocromática OP 320-A-S	1und	24V
Control de llama LGA52.150A17	1und	110V
Cable de alta tensión	10m	
Electroválvulas	3und	110V
Controlador de temperatura EBCHQ58008	1und	110V
Termocupla tipo K	1und	
Marcadores tipo anillo	0-9	
Electrodos	2und	
Transformador para ignición de chispa	1und	110-10000v
Sensor de proximidad tres entradas	1und	24v

Elaborado por: *Los Tesistas*

a) Sensor de temperatura (Termocupla)

Según los parámetros de funcionamiento, la cámara de combustión, trabaja a tres temperaturas distintas, entonces se tomara el proceso que requiera mayor temple para seleccionar el sensor apropiado para el rango de operación.

La herramienta más indicada a usar es una termocupla de tipo K como se observa en la figura 3.4, esta termocupla soporta temperaturas de hasta 1300 grados centígrados, entonces tenemos una tolerancia de más de 100 grados centígrados

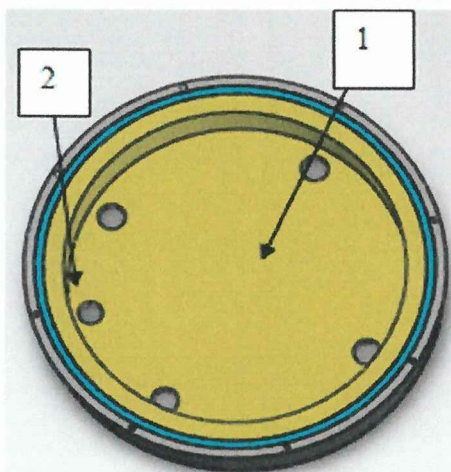
FIGURA 3.4: TERMOCUPLA



Elaborado por: *Los tesistas*

La ubicación del sensor de temperatura debe ir en la parte lateral del horno como se observa en la figura 3.5

FIGURA 3.5: UBICACIÓN DE LA TERMOCUPLA



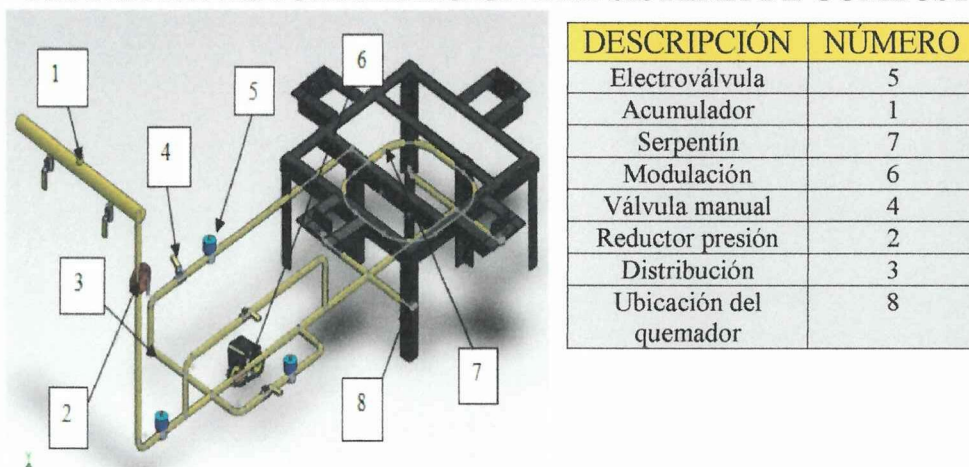
DESCRIPCIÓN	NÚMERO
Parte inferior cámara de combustión	1
Ubicación de la termocupla	2

Elaborado por: *Los Tesistas*

b) Sistema de combustión

El sistema de combustión existente en el horno utiliza quemadores de tipo atmosféricos, los cuales han funcionado con completa normalidad, por ese motivo se aplican los ya existentes en el sistema, lo que se hace es dotar de los elementos para controlar el proceso como el encendido automático, la modulación, control de presión y elementos para la seguridad como se observa en la figura 3.6.

FIGURA 3.6: AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIÓN

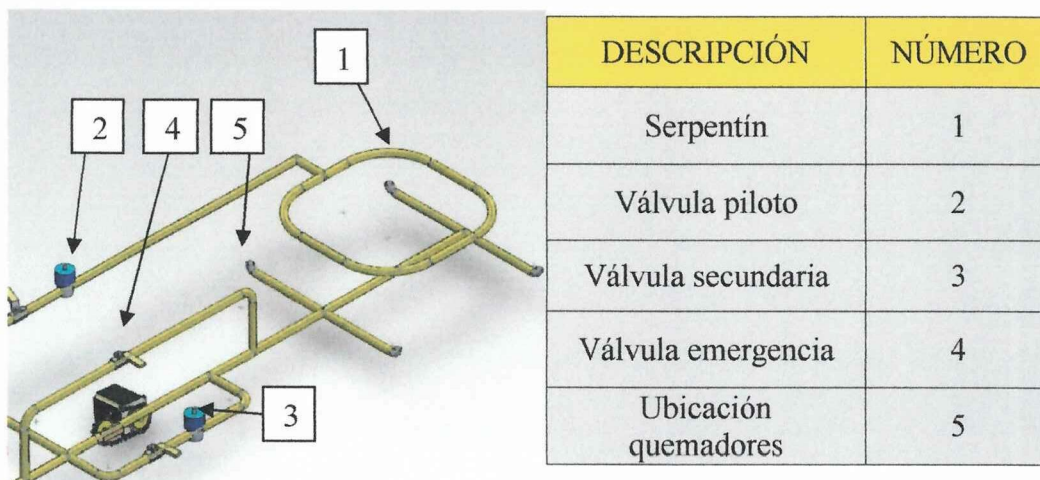


Elaborado por: *Los Tesistas*

c) Encendido automático

Para la automatización del sistema de encendido se necesita de tres electroválvulas, que se usaran como, la piloto, secundaria, y la principal, este sistema tiene que ser regulado por válvulas manuales que se incorporan previamente a la electroválvula, los elementos eléctricos para este proceso son un transformador que sirve para la ignición de la chispa lo que provoca que se genere la flama piloto en el sistema del encendido automático, se pretende que la flama se desprenda a los bordes de la cámara de combustión, y posteriormente se inicie el encendido de los quemadores con la electroválvula secundaria como se muestra en la figura 3.7.

FIGURA 3.7: ENCENDIDO AUTOMÁTICO



Elaborado por: *Los Tesistas*

d) Electroválvulas

Para la aplicación del proyecto se utilizarán las siguientes válvulas dos de 1/8 que servirán para el piloto y secundaria, y la principal que será de 1/2 pulgada las escogidas serán de la marca SHENGLING los modelos:

- 2W-025-06
- 2S-160-15

Que funcionan con un voltaje de 110 voltios y sus parámetros de funcionamiento son temperatura de -5° hasta un máximo de 80°C y una presión de un máximo de 7 kg/cm² que se acoplarán como esta en el diseño mostrado en la figura 3.8.

FIGURA 3.8: ELECTROVÁLVULAS

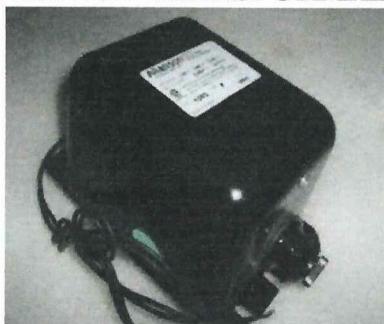


Elaborado por: *Los Tesistas*

e) Transformador

Se utiliza un transformador que generara un alto voltaje para producir la chispa y encender la flama, éste transformador genera un voltaje de 10000 voltios, energía suficiente para que la chispa sea visible, para que esto suceda en el terminal debe estar un electrodo que hará la función de producir la chispa en el opuesto metálico. Al momento de generar la chispa deberá ir accionado con la válvula del encendido automático para poder producir la flama este tipo de transformadores se los encuentra como parte de los quemadores de aire forzado de distintos modelos y marcas como se muestra en la figura 3.9.

FIGURA 3.9: TRANSFORMADOR



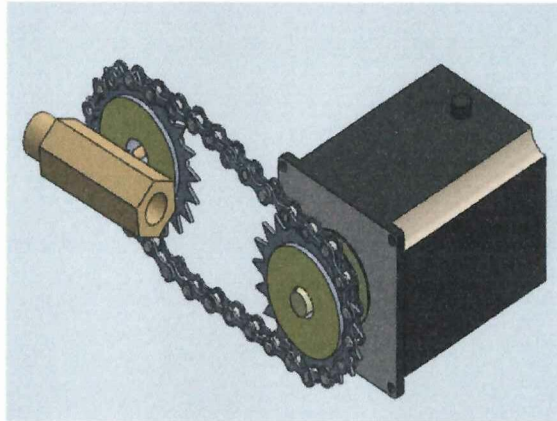
Fuente:[http://fullequiposcalderas.com/transformadores-y-electrodos/transformadores-1\(16\06\2014\)](http://fullequiposcalderas.com/transformadores-y-electrodos/transformadores-1(16\06\2014))

f) Sistema de modulación.

Para lograr el sistema de modulación se usara una válvula manual acopada a un motor a pasos, unidos por una cadena, que dará la opción de realizar múltiples movimientos, los necesarios para realizar el trabajo que el proyecto necesita, es decir realizar un incremento modular mediante la programación en cuatro aperturas distintas hasta llegar a un nivel de apertura máxima del sistema.

Lógicamente la apertura tendrá que ser determinada por un sensor de proximidad que facilitara la lectura del posicionamiento de la válvula, mediante el conteo de los pulsos generados por dicho sensor como indica en la figura 3.10.

FIGURA 3.10: MODULACIÓN DEL SISTEMA



Elaborado por: *Los Tesistas*

Para realizar esta operación es necesario obtener cuatro elementos importantes que nos dará la posibilidad de este proceso:

- Válvula manual
- Motor a pasos
- Drive para motor paso a paso
- Sensor de proximidad inductivo

g) Cálculo del Torque necesario para abrir la válvula manual

Al aplicar la ecuación 1.13 se puede determinar el torque necesario para abrir o cerrar la válvula y dimensionar el motor adecuado

$$M = F \cdot d$$

La prueba de apertura de la válvula manual arroja un resultado de 12 Kg fuerza que transformados a newton resulta un valor de 117.6N y la distancia del eje al punto máximo del acople en los piñones es de 0.04 metros

$$M = (117.6N) (0.04m)$$

$$M = 4.704 \text{ Nm}$$

Factor de seguridad multiplicado por 1.2

$$M=4.704\text{Nm} \times 1.2$$

$$M=5.64\text{Nm}$$

Resp.(4)

h) Motor a pasos.

Es un motor que ayuda al control de la válvula manual mediante la detección de pulsos. Este motor debe ser bipolar para realizar movimientos hacia atrás y hacia adelante necesarios para el proyecto como se muestra en la figura 3.11.

FIGURA 3.11: MOTOR A PASOS



Elaborado por: *Los Tesistas*

i) Dimensionamiento del motor a pasos.

Al tener en cuenta el torque necesario para abrir la válvula manual, el dimensionamiento del motor es importante para que trabaje con normalidad, sin exceder el diseño pero a la vez que abastezca el trabajo necesario, motivo por el cual el motor seleccionado es el KL34H295-43-8 que tiene un torque de un máximo de 6 Nm.

El motor a pasos en conexión paralelo tiene un torque máximo de 960 OZ_IN y al transformarlo a Nm se utiliza la tabla 3.6 para la conversión.

TABLA 3.6: TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES DEL TORQUE DEL MOTOR

TORQUE DEL MOTOR					
Conexión	Torque motor Oz-IN	Torque necesario para abrir la válvula Nm	Valor equivalente 1 Nm=OZ-IN	Torque necesario para abrir la válvula en Oz-IN	¿Cubre el motor el torque necesario para la válvula?
Paralelo	960	5	141,560	707,8	Si
Serie	960			707,8	Si
Unipolar	640			707,8	no

Elaborado por: *Los Tesistas*

j) Drive

Es un elemento del tablero necesario para dar la señal de los pulsos en la dirección apropiada del motor, para tener una apertura controlada, puede conducir cualquier motor paso a paso de 4, 6,8 líneas con corrientes de hasta 5 amperios como se aprecia en la figura 3.12.

FIGURA 3.12: DRIVE



Elaborado por: *Los Tesistas*

k) Sensor de proximidad

Es el encargado de controlar el movimiento del motor mediante el conteo de las señal emitida por el contacto con un objeto metálico se usa un sensor de proximidad inductivo

l) PLC

Se utilizó un plc de 14 entradas y 11 salidas, por la cantidad de elementos utilizados, en la tabla 3.7 se detallan los instrumentos.

TABLA 3.7: ENTRADAS Y SALIDAS NECESARIAS PARA LA PROPUESTA

ENTRADAS Y SALIDAS NECESARIAS PARA LA PROPUESTA			
ENTRADAS		SALIDAS	
DETALLE	CANTIDAD	DETALLE	CANTIDAD
PULSADORES ON	4	ELECTROVÁLVULA	1
PULSADORES OFF	4	DRIVE	2
SELECTOR 2 POSICIONES	2	RELÉS	6
PULSADOR DE EMERGENCIA	1	LUZ PILOTO	2
CONTROLADOR DE TEMPERATURA	1		
SENSOR DE PROXIMIDAD	1		

Elaborado por: *Los Tesistas*

Al tener en cuenta el número de entradas y salida el PLC seleccionado para el proyecto es de 15 entradas y 11 salidas XC324RT de la marca xinje

m) HMI (Human Machine Interface)

Se utiliza una pantalla que nos permite llevar un registro en tiempo real, manejo de alarmas. Sin embargo se debe introducir la programación y secuencia que se desea que realice el sistema la pantalla usada se muestra en la figura 3.13.

FIGURA 3.13 : PANTALLA HMI



Elaborado por: *Los Tesistas*

n) Controlador de temperatura.

La temperatura se mide mediante dos equipos importantes como son el controlador y la termocupla. El control proporcional que se va a realizar necesita un elemento indispensable, el controlador de temperatura, inicia en la temperatura ambiente y se incrementara, ascendiendo hasta llegar a un punto máximo, y utilizar la alarma número uno y aprovechar la señal para desconectar el sistema finalizando el ciclo de trabajo en la figura 3.14 se muestra el controlador de temperatura usado.

FIGURA 3.14: CONTROLADOR DE TEMPERATURA



Elaborado por: *Los Tesistas*

ñ) Fuente 110 V A 24 V

Como el PLC además de otros elementos está alimentado con un voltaje de 24 voltios se necesita una fuente que sea capaz de transformar los 110 voltios de alimentación a los 24 voltios que manejan los equipos para el control automático del proceso de vitrificación, y los ideales son las mini fuente logo de siemens como se aprecia en la figura 3.15.

FIGURA 3.15: FUENTE LOGO SIEMENS



Elaborado por: *Los Tesistas*

Estas fiables fuentes de alimentación en caja plana con perfil lateral escalonado pueden integrarse con gran flexibilidad en numerosas aplicaciones, por ejemplo en cajas de distribución eléctrica.

o) Sensor De Llama

Este equipo nos permite dar el arranque y controlar la llama, como se va a usar GLP es necesario un equipo de este tipo que funcione con gas licuado de petróleo. El sensor de llama LGA52.150^a17 A 110 VOLTIOS Y 50-60 HZ este equipo efectúa la vigilancia de la llama mediante un electrodo el sensor de llama utilizado se aprecia en la figura 3.16.

FIGURA 3.16: SENSOR DE LLAMA



Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4 Construcción de La Propuesta

Al iniciar el proyecto es necesario empezar con la construcción del tablero eléctrico para probar los sistemas de encendido y sistemas de seguridad que serán parte del proceso además de la modulación para luego ser llevado a la cámara de combustión del taller artesanal.

3.4.1 Tablero De Control

Se coloca de manera adecuada los equipos eléctricos a la caja metálica, que dará el control necesario para que el sistema funcione automáticamente, se probaran los sistemas de manera manual, incorporando posteriormente el algoritmo y programación del proceso como se muestra en la figura 3.17.

FIGURA 3.17: UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS



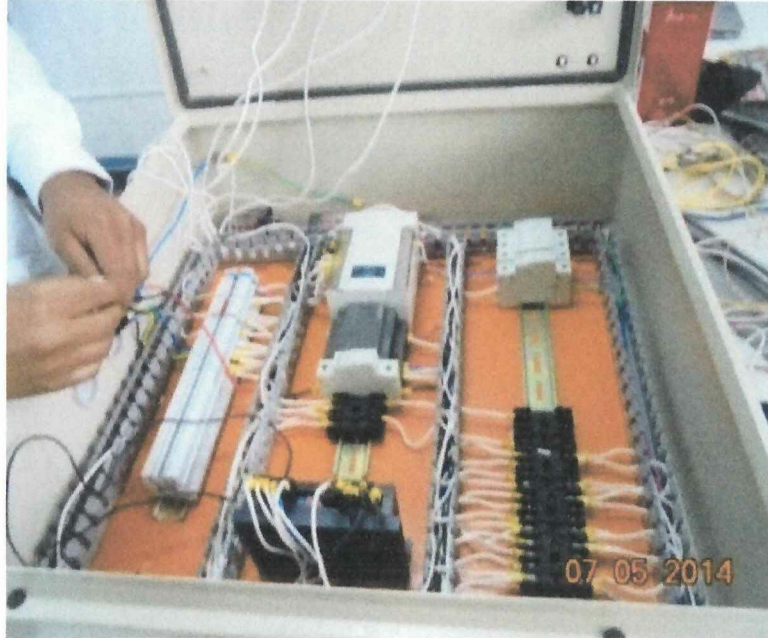
Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.1.1 Conexión interna del tablero de control

El trabajar con un PLC nos da la facilidad de poder realizar los procesos ordenadamente mediante la programación, y si hubiese que realizar algún cambio no es necesario modificar la conexión, simplemente se realiza un ligero cambio en le programación, corrigiendo el proceso que deseamos, es por ese motivo que el trabajar con un programador nos da la facilidad de manipular el sistema como

nosotros deseamos en la figura 3.18 se muestra las conexiones realizadas en el tablero.

FIGURA 3.18: CONEXIONES INTERNAS



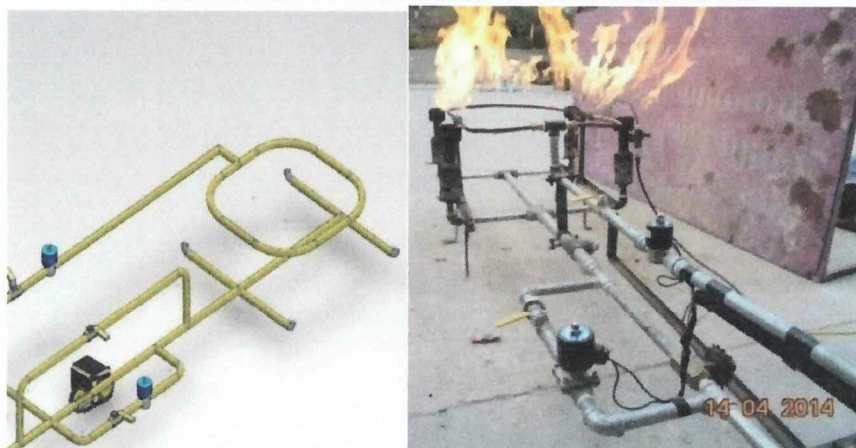
Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.2 Estructura Para El Encendido Automático

Este proceso se lo realiza para probar los elementos del encendido antes de armarlo en el espacio adecuado, esto como un paso previo al montaje de la estructura final del encendido, pero se lo realiza con el mismo diseño para aprovechar los mismos componentes, las pruebas serán realizadas de manera manual, alimentando las electroválvulas con pulsadores comprobando el sistema de encendido como el piloto la válvula secundaria para observar el comportamiento del sensor de flama.

Para lograr la expansión de la flama, al serpentín se le realizan orificios en la parte lateral, para que al generar la chispa piloto encienda el piloto, luego se activa la válvula secundaria, encendiendo de los quemadores, luego de realizar este proceso se cierra la piloto quedando encendido solo los quemadores como se observa en la figura 3.19.

FIGURA 3.19: ENCENDIDO AUTOMÁTICO



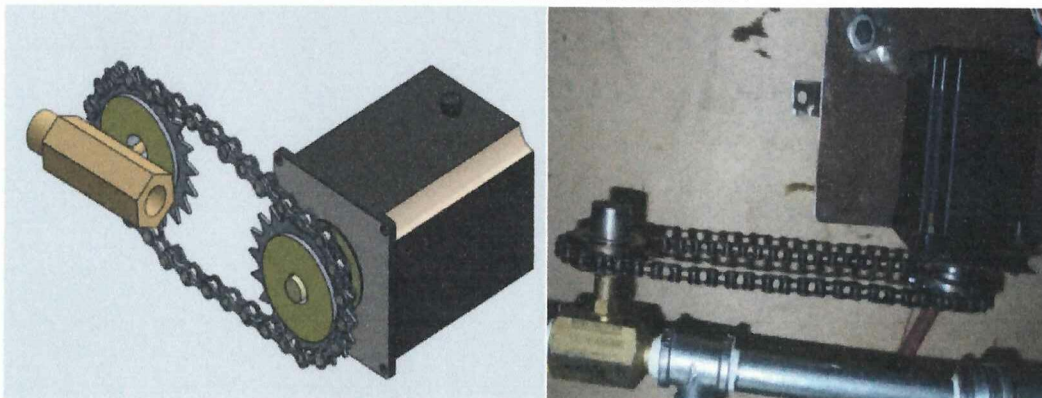
Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.3 Sistema De Modulación

Como está establecido, la modulación se la realiza mediante la adaptación de una válvula manual, acoplada a un motor a pasos, comunicados por una cadena, con la suma de estos elementos logramos dar un incremento proporcional al sistema hasta que llegue a un máximo de temperatura deseada.

La modulación entra en acción solamente al concluir el sistema de encendido, luego de realizar el proceso la modulación debe quedar en un punto inicial, para luego cerrar la electroválvula secundaria, ahí empezara el trabajo de modulación con tiempos y aperturas programables el acople de la válvula y motor a pasos se puede apreciar en la figura 3.20.

FIGURA 3.20: MODULACIÓN



Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.4 Algoritmo En La Programación Del PLC Para El Control Automático Del Proceso De Vitrificación De Cerámica

La programación se la realiza de acuerdo a la necesidad del usuario, además de la versatilidad en el proceso, puesto que el horno trabaja con tres temperaturas distintas, y a su vez diferentes niveles de apertura.

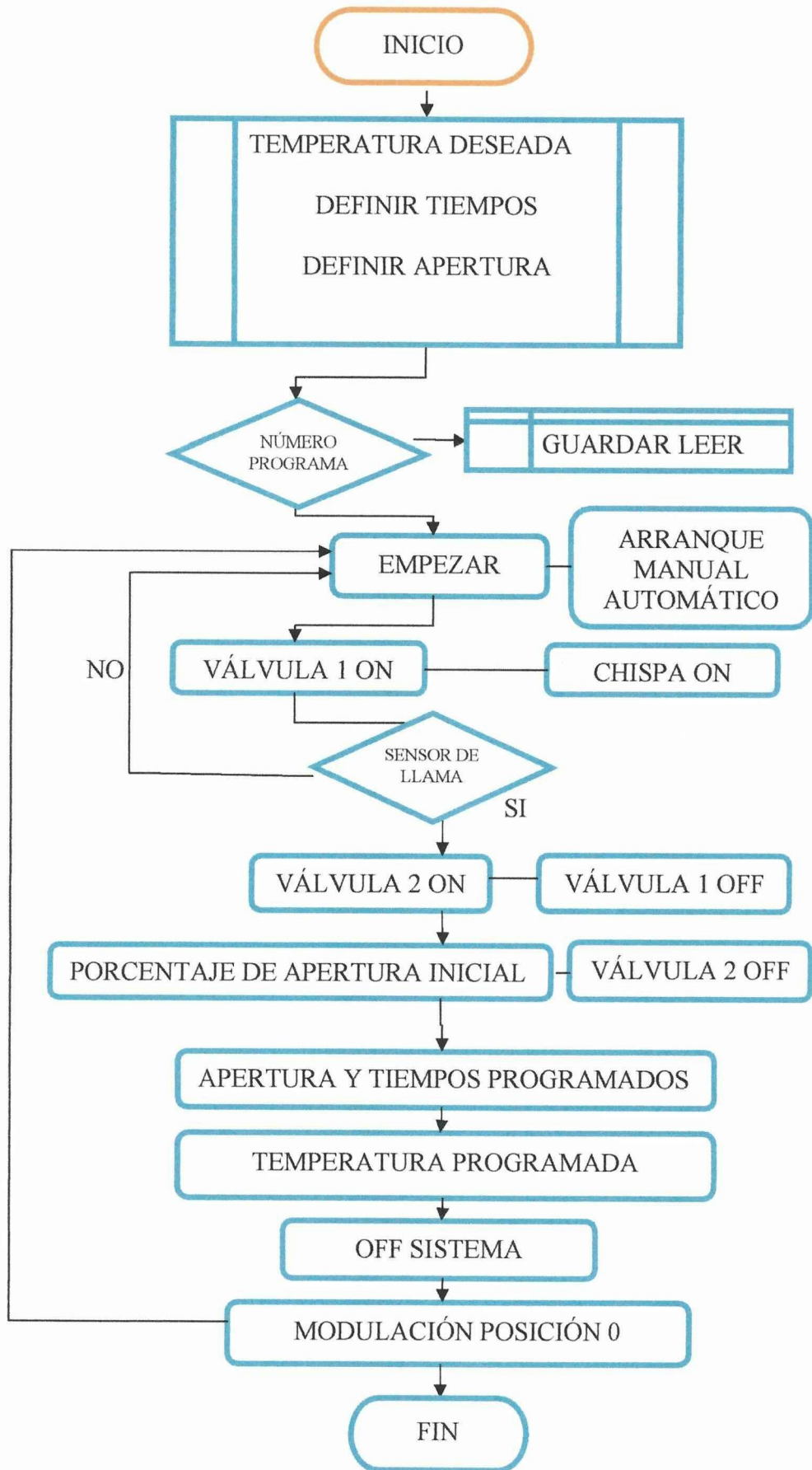
Es decir se realizan tres procesos de vitrificación distintos en el mismo horno como, biscocho, esmalte, y decorados, cada uno de estos con distintos nivel de temperatura.

El programa debe poseer la posibilidad de pre grabar los procesos en un número de programas que se puedan grabar en el sistema, luego de realizar las pruebas, el usuario debe programar cada uno de los procesos según lo crea conveniente y establecer el sistema para solo seleccionar el programa uno, dos, o tres y el programa automático realice la tarea hasta finalizar el proceso, después de llegar a la y temperatura programada.

Al finalizar el proceso el sistema deberá desconectarse, y como un factor de seguridad el motor tendrá que regresar a su posición original después de leer la temperatura máxima establecida en el controlador de temperatura grabada en la alarma número uno del controlador.

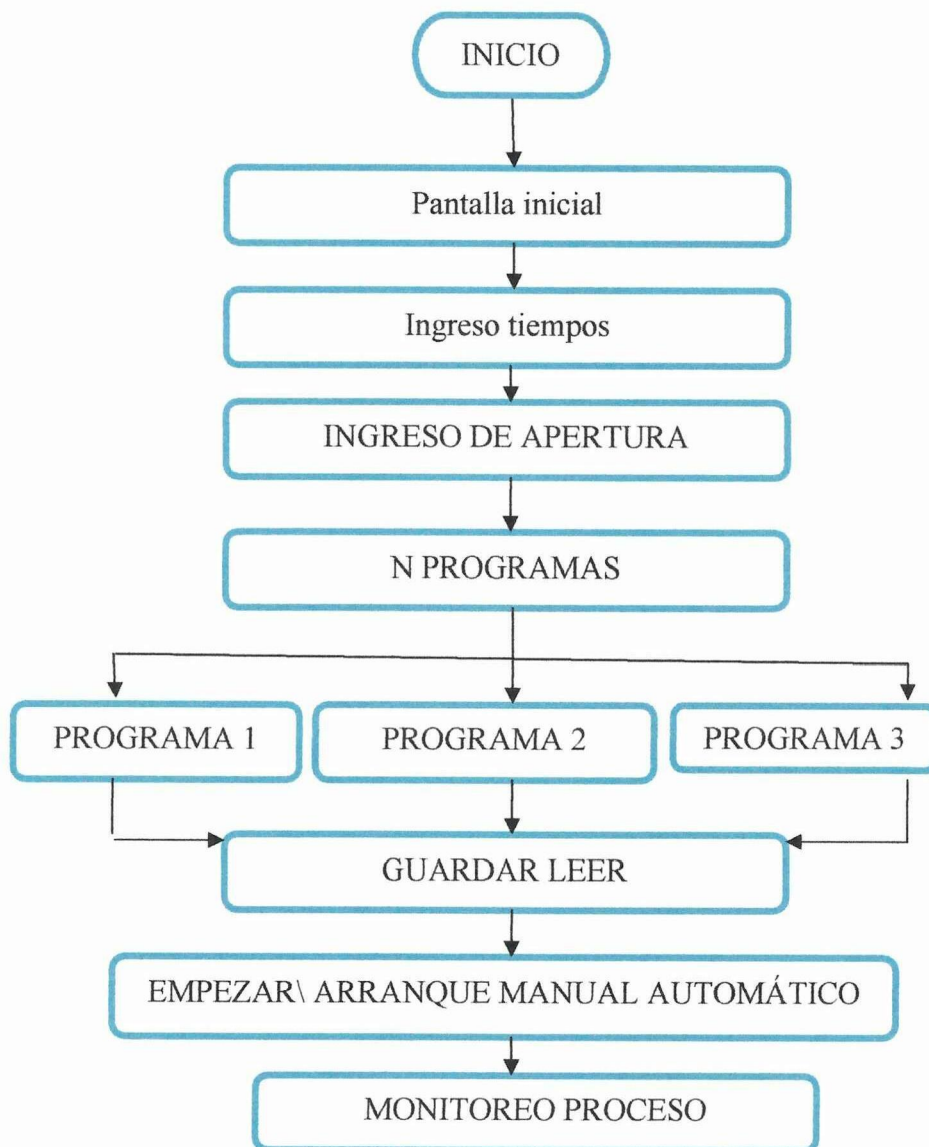
Además si en el caso de que el sensor de llama no detecte la flama del piloto el sistema se reiniciara por completo dotándolo de esta manera de sencillos pero efectivos sistemas de seguridad.

En el momento de trabajo normal el combustible ya no es administrado, al igual que la flama piloto, el sistema se desconectara pues no existe flama en los quemadores.



3.4.5 Programación Del (HMI)

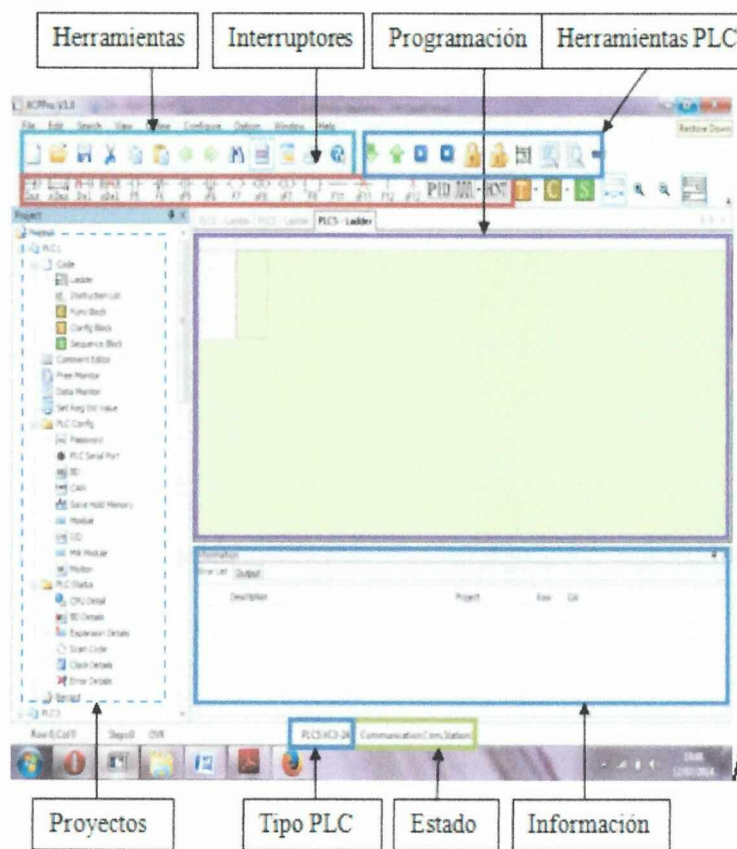
Para la programación de la pantalla monocromática se tomó en cuenta la programación del PLC y establecer una comunicación fácil y sencilla para que el operador o usuario tenga la facilidad de manejarlo con completa facilidad.



3.4.6 Descripción Del Software XC Series y Programación PLC

Las herramientas necesarias para la automatización del proceso se las visualiza en el software del programador se lo describe en la figura 3.21.

FIGURA 3.21: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE PLC





















Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.6.1 Descripción de iconos específicos para programación.

En la tabla 3.8 se detallan los iconos mas utilizados en la programación interpretando las herramientas que se usaran en el programa

TABLA 3.8: ICONOS ESPECÍFICOS

Icono	Descripción
 Ins	<i>Inserta un nodo</i>
 sIns	<i>Inserta una fila</i>
 Del	<i>Elimina un nodo</i>
 sDel	<i>Elimina una fila</i>
 F5	<i>Contacto NA</i>
 F6	<i>Contacto NC</i>
 sF5	<i>Pulso de flanco ascendente</i>
 sF6	<i>Pulso de flanco descendente</i>
 F7	<i>Bobina</i>
 sF8	<i>Resetea la bobina</i>
 sF7	<i>Activa la salida</i>
 F8	<i>Otros</i>

 F11	<i>Línea horizontal</i>
 sF11	<i>Elimina línea horizontal</i>
 F12	<i>Línea vertical</i>
 sF12	<i>Elimina línea vertical</i>
	<i>Configuración de parámetros PID</i>
	<i>Configuración de parámetros de pulsos</i>
	<i>Configuración de puerto de velocidad</i>
	<i>Descargar al PLC</i>
	<i>Subir al PLC</i>
	<i>Ejecutar PLC</i>
	<i>Detiene PLC</i>
	<i>Bloquear programa</i>
	<i>Desbloquea el programa</i>

Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.6.2 Identificación de entradas de la programación

Antes de realizar el programa se procede a la identificación de todas la señales de entrada conectadas en la parte superior del PLC generalmente se identifican porque inician con la letra x como se observa en la tabla 3.9.

TABLA 3.9: IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS

ENTRADA	DESCRIPCIÓN
<i>X0</i>	<i>Sensor diente</i>
<i>X1</i>	<i>Dirección motor a pasos</i>
<i>X2</i>	<i>Sensor llama</i>
<i>X4</i>	<i>Pulsador de emergencia</i>
<i>X5</i>	<i>Cierra motor a pasos</i>
<i>X6</i>	<i>Off secundario</i>
<i>X7</i>	<i>Off piloto</i>
<i>X10</i>	<i>Off chispa</i>
<i>X11</i>	<i>Abre motor a pasos</i>
<i>X12</i>	<i>On secundario</i>
<i>X13</i>	<i>Manual automático</i>
<i>X14</i>	<i>On chispa</i>
<i>X15</i>	<i>On temperatura</i>

Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.6.3 Identificación de salidas de la programación

Al igual que las entradas la identificación de las salidas es importante describirlas antes de realizar la programación y se observan en la tabla 3.10.

TABLA 3.10: IDENTIFICACIÓN DE SALIDAS

SALIDA	DESCRIPCIÓN
Y2	<i>Chispa</i>
Y3	<i>Piloto</i>
Y4	<i>Secundario</i>
Y5	<i>Luz piloto motor a pasos</i>
Y6	<i>Manual</i>
Y7	<i>Automático</i>
Y10	<i>Válvula principal</i>

Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.6.4 Identificación señales adicionales de la programación

Los elementos adicionales se refieren a los temporizadores y apertura de pulsos y señales para grabación e inicio del programa mostrados en la tabla 3.11.

TABLA 3.11: IDENTIFICACIÓN SEÑALES ADICIONALES

SEÑAL	DESCRIPCIÓN
<i>D4010</i>	<i>Registro de contador</i>
<i>D4014</i>	<i>Tiempo1</i>
<i>D4016</i>	<i>Tiempo2</i>
<i>D4018</i>	<i>Tiempo3</i>
<i>D4020</i>	<i>Tiempo4</i>
<i>D4022</i>	<i>#Pulsos1</i>
<i>D4024</i>	<i>#Pulsos2</i>
<i>D4026</i>	<i>#Pulsos3</i>
<i>D4028</i>	<i>#Pulsos4</i>
<i>D4030</i>	<i># Registro de grabación</i>
<i>D4032</i>	<i># Registro de selección</i>
<i>M21</i>	<i>Bth.Grabar</i>
<i>M22</i>	<i>Bth.Seleccionar</i>
<i>M23</i>	<i>Bth. Arrancar</i>
<i>M24</i>	<i>Entra en modo automático</i>

Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.7 Programación Del PLC Para La Automatización

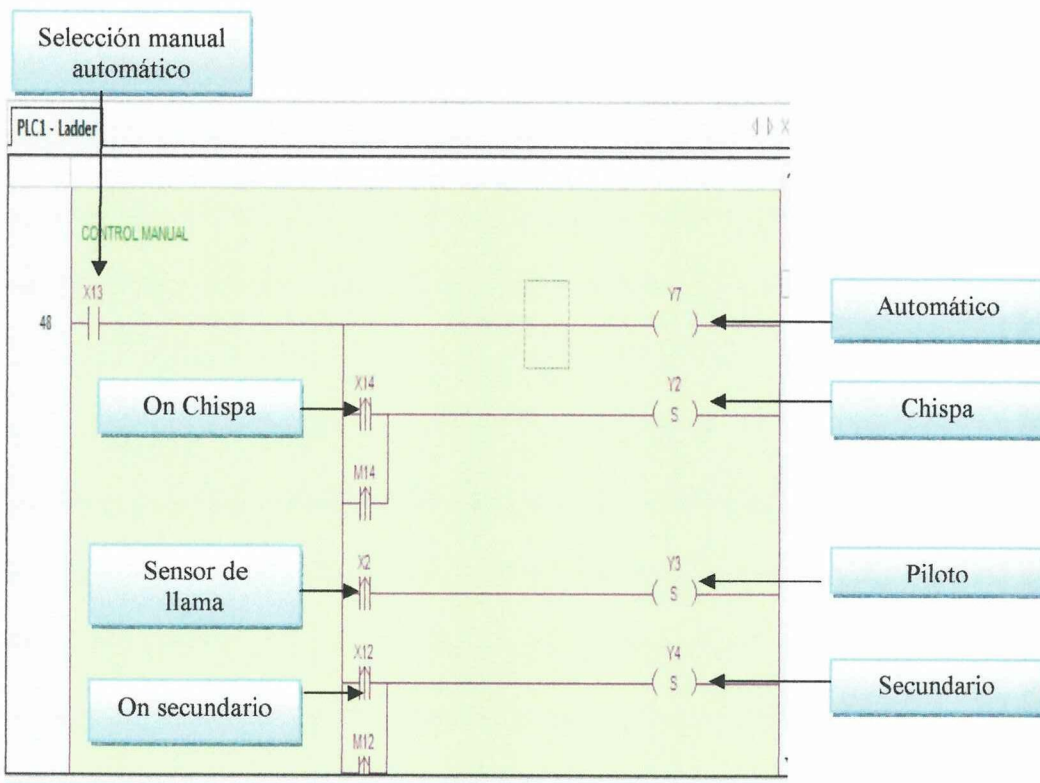
Al conocer los elementos y señales se procede a la elaboración del programa que se dividirá en dos partes es decir en la parte de control manual y el control

automático, en la primera programación se activaran los sistemas por medio de pulsadores pero al igual se tiene que implementar sistemas de seguridad inmescuyendo el sensor de flama.

3.4.7.1 Control manual

El control manual hace para poder manipular el sistema con los pulsadores ubicados en la parte frontal del tablero empezando por el encendido como se indica en la figura 3.22.

FIGURA 3.22: PROGRAMACIÓN ENCENDIDO

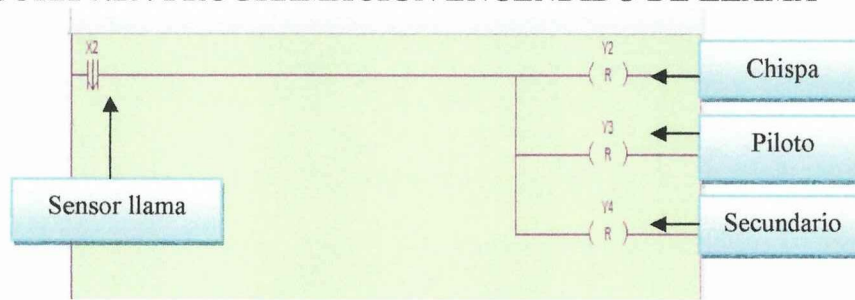


Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.7.2 Programación sensor de flama.

Esta programación se la realiza para el momento en que no detecte la flama el programa se detenga y se corte en el momento mismo que no detecte la llama piloto indicado en la figura 3.23.

FIGURA 3.23: PROGRAMACIÓN ENCENDIDO DE LLAMA

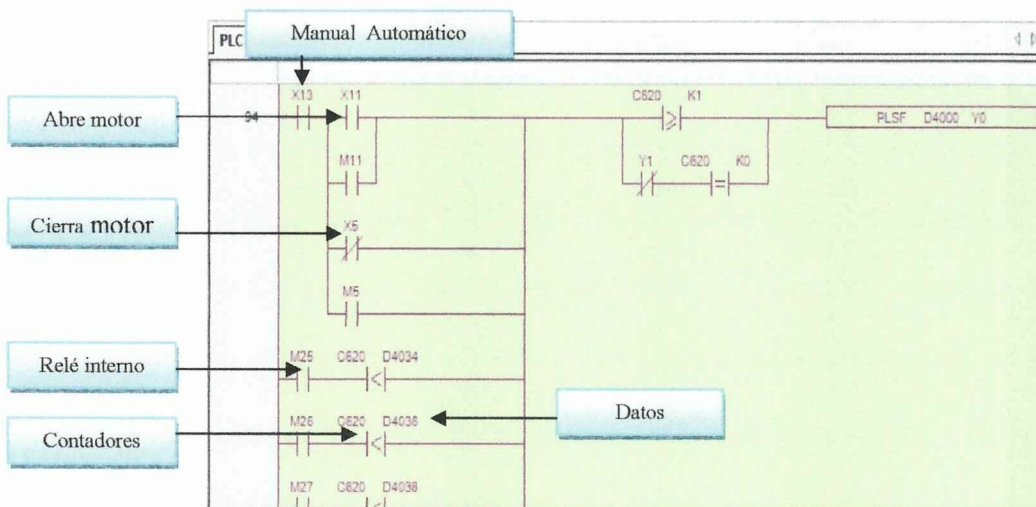


Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.7.3 Programación del motor paso.

Dentro del programa manual se tendrá que dejar la opción de manipular la modulación conforme lo consideren necesario esta opción estará presente para controlar el motor e incrementar o disminuir la intensidad de flama como se observa en la figura 3.24.

FIGURA 3.24: PROGRAMACIÓN MOTOR



Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.7.4 Programación automática

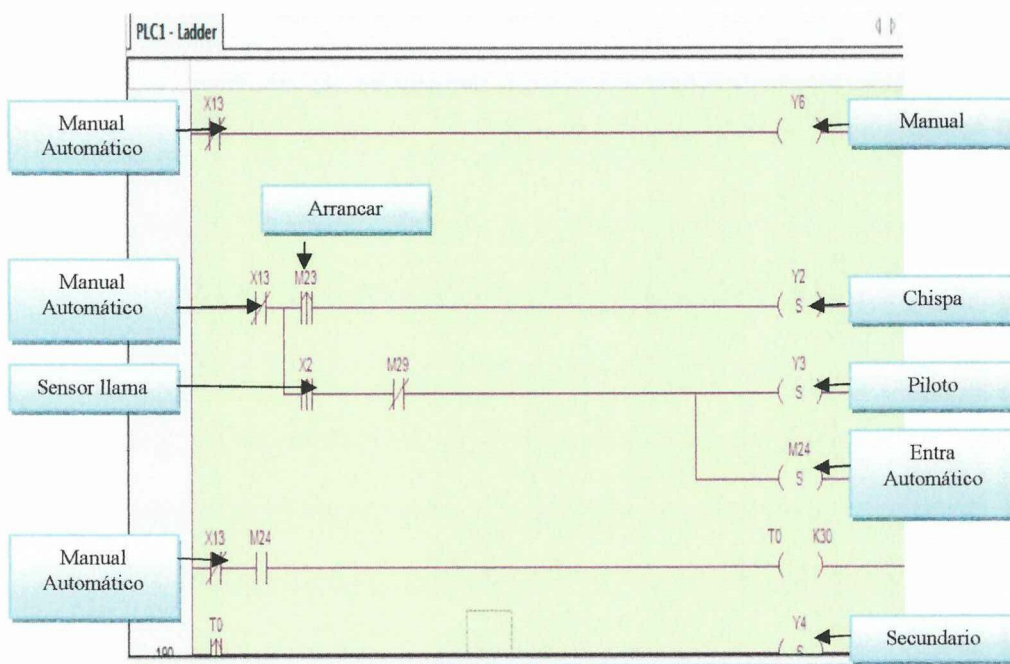
Una vez finalizado la programación manual se realiza el programa automático que empezara desde el encendido piloto, secundario, modulación con tres temporizadores y cuatro aperturas se hace de esta manera pues el primer tiempo

recorre después de la apertura inicial. Siguiendo esta secuencia el último incremento permanecerá en su posición hasta que ingrese la señal del pirómetro, desconectando la alimentación del combustible y retornando el motor a pasos a su posición original.

a) Programación del encendido automático

Para empezar el proceso tiene que pulsar dos elementos y asegurar el arranque porque no puede darnos una señal en falso claro, después de ingresar los datos como tiempos y aperturas deseadas en la pantalla monocromática como indica la figura 3.25.

FIGURA 3.25: PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA ENCENDIDO



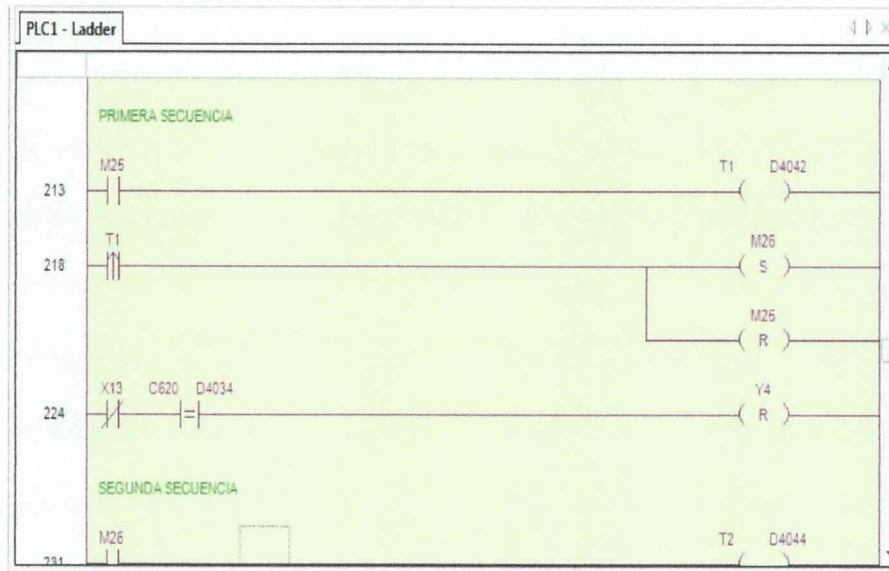
Elaborado por: *Los Tesistas*

b) Programación de la modulación automática.

Una vez que se ha iniciado el encendido el sistema de modulación entra para empezar el programa con la apertura inicial, y posteriormente dejar pasar los tres

tiempos y aperturas programadas previamente este proceso se lo indica en la figura 3.26.

FIGURA 3.26: PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA DE LA MODULACIÓN

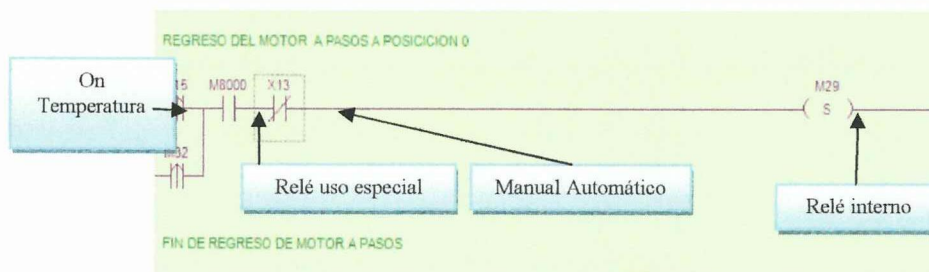


Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.7.5 Programación Del Motor A Pasos Posición 0.

Cuando la cuarta secuencia termina se recibe la señal de la temperatura y desconecta la alimentación de combustible pero además tiene que el motor regresar a su posición inicial de cero la programación se indica en la figura 3.27.

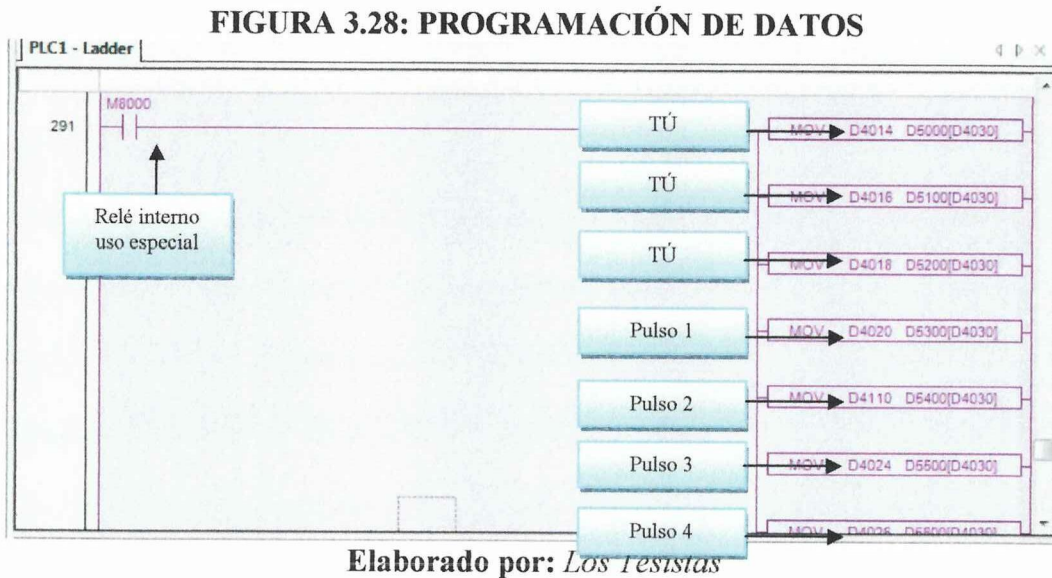
FIGURA 3.27: MOTOR A PASOS POSICIÓN CERO



Elaborado por: *Los Tesistas*

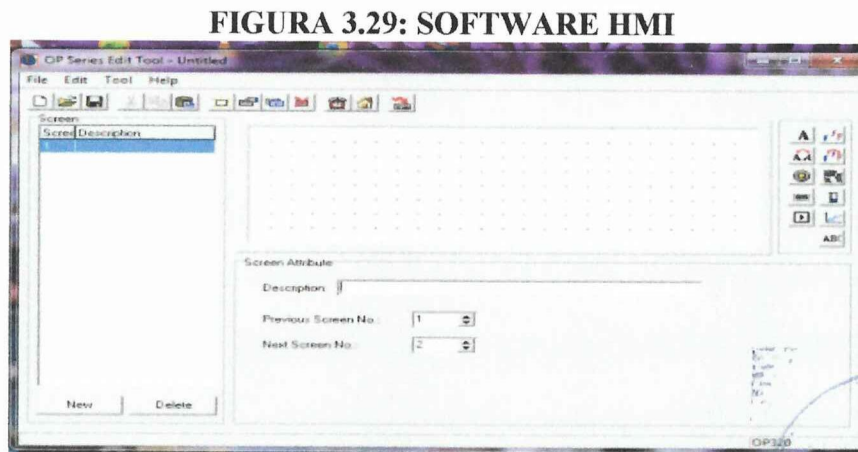
3.4.7.6 Programación De Las Aperturas Y Tiempos

Al final se programa la secuencia de grabación de los tiempos y aperturas de la válvula modulante que actúa con el motor a pasos indicados en la figura 3.28.



3.4.7.7 Descripción Del Software Y Programación HMI

El software de la pantalla o comunicación HMI permite comunicar el estado de operación entre el hombre y la maquina ya que se usa la pantalla op 320 servirá para ingresar los datos que se necesiten configurar por lo demás visualizaremos el proceso en cuanto a los instrumentos principales este software se lo indica en la figura 3.29.



Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.7.8 Programación De Pantalla Principal

Al iniciar el programa empieza con una pantalla principal en la cual se puede indicar el nombre de la maquina o empresa, hay que activar los indicadores de dirección para proceder a ingresar a los datos secundarios, en la siguiente pantalla como indica la figura 3.30.

FIGURA 3.30: PANTALLA PRINCIPAL

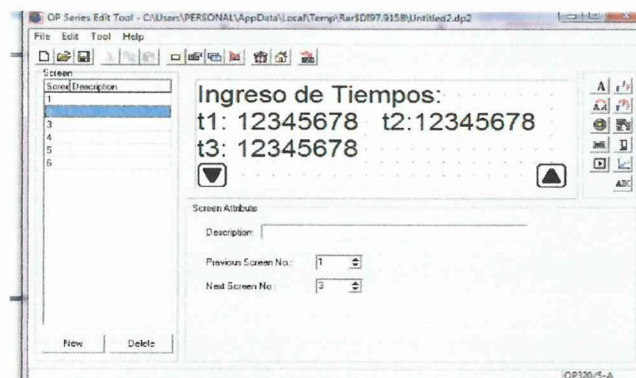


Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.7.9 Programación del ingreso de tiempos

La pantalla secundaria se programara ingresando los tiempos que deben ser programables y al igual que la principal se activan los indicadores para seguir a la siguiente pantalla como se observa en la figura 3.31.

FIGURA 3.31: TIEMPOS PROGRAMABLES

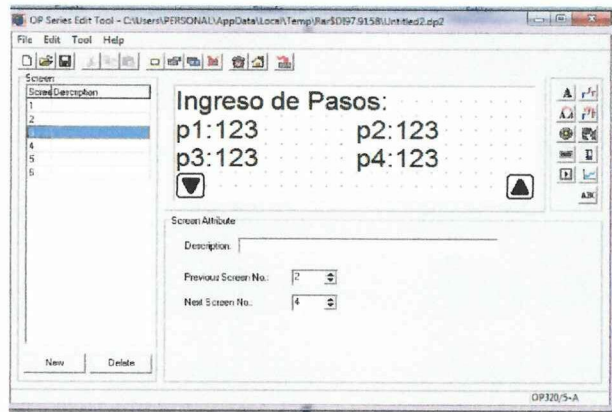


Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.8.1 Programación del ingreso de pasos

Al igual que el ingreso de los tiempos se procederá al ingreso de los pulsos que se puede interpretar como el porcentaje de la apertura de la modulación indicado en la figura 3.32.

FIGURA 3.32: PASOS PROGRAMABLES

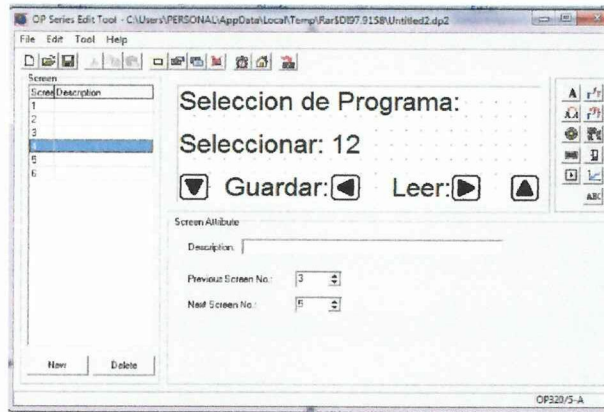


Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.8.2 Programación de almacenaje de datos

Cuando se tiene los porcentajes y tiempos de apertura realizados previamente en las pantallas anteriores se procede a seleccionar el número de programa además de grabarlas en el ítem que se desea como se observa en la figura 3.33.

FIGURA 3.33: SELECCIÓN PROGRAMA

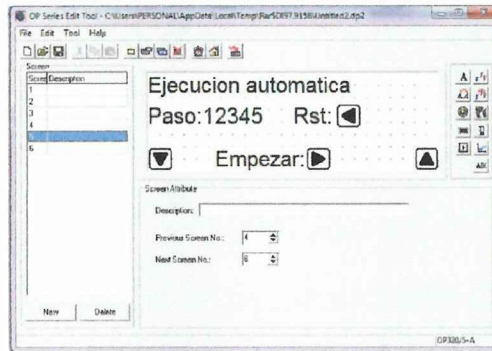


Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.8.3 Monitoreo de la apertura de la modulación

Se adiciona esta pantalla para visualizar el porcentaje de apertura que tiene la modulación del sistema, y arrancar el programa que se realizara presionando el pulsador del arranque automático y el icono de empezar así se dará inicio al programa seleccionado indicados en la figura 3.34

FIGURA 3.34: MONITOREO



Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.8.4 Instalación Del Tablero De Control

Al finalizar la programación se coloca el tablero en el lugar adecuado, para posteriormente realizar el montaje del sistema junto con la distribución y la cámara de combustión, y permitirá realizar la automatización del horno para el proceso de vitrificación de cerámica del taller artesanal. Esta labor de manera correcta, señalando los elementos de sujeción para empotrar en la pared y ajustarlo de manera adecuada como muestra la figura 3.35.

FIGURA 3.35: INSTALACIÓN DEL TABLERO

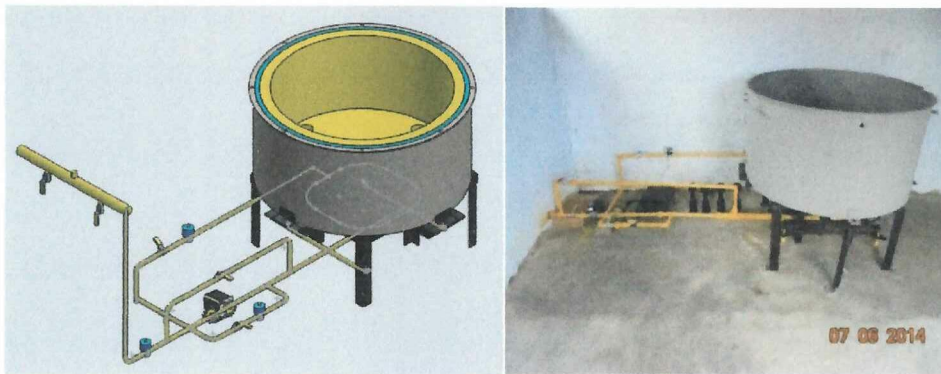


Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.9 Montaje Del Sistema Del Sistema Y Horno

Al tener la base del horno se procede a el ensamblaje del sistema de combustión, con todos los elementos para la automatización, como el encendido automático y la modulación, en el desarrollo de este paso se tiene que enviar los cilindros de GLP industrial fuera del área de operación y que estén a la intemperie, puesto que no puede estar en lugares donde va a existir flama latente, esto se lo realiza por seguridad para el proceso como se observa en la figura 3.36.

FIGURA 3.36: MONTAJE DEL SISTEMA Y HORNO

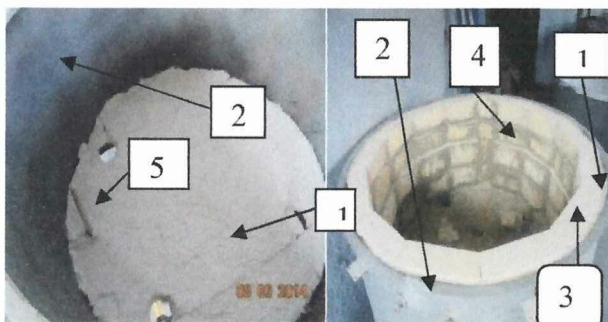


Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.9.1 Aislamiento Térmico De La Cámara De Combustión

En esta parte se procede a realizar un aislamiento térmico de la cámara de combustión para evitar las fugas de temperatura por las paredes como se indica en la figura 3.37.

FIGURA 3.37: AISLAMIENTO TÉRMICO



DESCRIPCIÓN	NÚMERO
Fibra Cerámica	1
Lamina de hierro	2
Ladrillo refractario	3
Cemento refractario	4
Termocupla	5

Elaborado por: *Los Tesistas*

- **Colocación de la termocupla**

Como se indica en la figura de 3.38 se realiza la ubicación de la termocupla en el lugar indicado donde censa la temperatura interna de la cámara de combustión

FIGURA 3.38: UBICACIÓN TERMOCUPLA



Elaborado por: *Los Tesistas*

3.4.9.2 Corriente Máxima Consumida Por El Tablero Elementos Adicionales

Para determinar la corriente consumida, se realiza una sumatoria de todos los equipos internos y externos del proyecto como se indica en la tabla 3.12.

TABLA 3.12: CORRIENTE TOTAL CONSUMIDA

CORRIENTE CONSUMIDA POR EL TABLERO		
EQUIPO	CORRIENTE	TOTAL
PLC de 15 entradas y 11 salidas XC324RT	2.5	21.3 A
Fuente Logo 110V- 24V SIEMENS 6EP1332-1SH43	2.5	
Motor a pasos KL34H295-43-8A	6.1	
Drive XINJE DP504	5	
Pantalla monocromática	2.2	
Control de llama LGA52.150A17LGA52.150A17	3	

Elaborado por: *Los Tesistas*

3.5 Discusión De Resultados Obtenidos De La Propuesta

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos del proyecto es importante realizar la vitrificación de cada uno de los procesos, tanto de biscocho, esmalte y acabados, anotar los resultados obtenidos durante el proceso, así como se lo realizo en el CAPÍTULO II y comparando en tablas, o cuadros para conocer su eficiencia en comparación con el estado anterior demostrando la efectividad del proyecto y luego realizar una evaluación financiera del mismo.

Esta evaluación tiene como finalidad analizar la parte económica que es la de mayor relevancia, claro que sin menos preciar la parte técnica ya realizada, se anotaran la diferencia entre los procesos antes y después de la implementación del proyecto. Para saber en qué nivel se encuentra operando el sistema y cuál será el beneficio del taller artesanal.

3.5.1 Pruebas De Vitrificación Realizadas Después Implementar El Proyecto.

3.5.1.1 Vitrificación del biscocho

Después de haber terminado el proyecto se procede a realizar una vitrificación del primer proceso que es el proceso de vitrificación del biscocho, anotando los resultados generales que arroja el sistema

Este procedimiento se realiza con datos generales como de consumo, del combustible, y tiempo en que se demora hasta llegar al máximo de temperatura que se necesita.

También se aplica a los dos procedimientos restantes para luego ser comparados en cuadros y comprobar la eficiencia con respecto al sistema anterior como se observa en la tabla 3.13.

TABLA 3.13: VITRIFICACIÓN DEL BISCOCHO IMPLEMENTADO EL PROYECTO

PROCESO DE VITRIFICACIÓN BISCOCHO IMPLEMENTADO EL PROYECTO							
Proceso	Temperatura °C	Cono piro métrico	Tiempo Minutos	Volumen de carga kg	Consumo Combustible	Presión Trabajo PSI	Pulso Máximo
Vitrificación Biscocho	1140	02	227	45.3	16 kg	12	40

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Testistas*

3.5.1.2 Vitriificación de esmalte

Realizado el proceso se realiza el esmaltado de la carga correspondiente para la siguiente vitriificación que es la del esmalte para darles el brillo característico y se anotan los resultados correspondientes como indica la figura 3.14.

TABLA 3.14: VITRIFICACIÓN DEL ESMALTE IMPLEMENTADO EL PROYECTO

PROCESO DE VITRIFICACIÓN ESMALTE IMPLEMENTADO EL PROYECTO							
Proceso	Temperatura °C	Cono piro métrico	Tiempo Minutos	Volumen de carga kg	Consumo Combustible	Presión Trabajo PSI	Pulso Máximo
Vitriificación Esmalte	1082	04	206	25.3	11 kg	12	37



Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Testistas*

3.5.1.3 Vitrificación de acabados

Realizado el proceso anterior se realiza los acabados de la carga correspondiente para la siguiente vitrificación que se somete a menor temperatura, al igual que los dos procesos anteriores se procede a registrar los resultados indicados en la tabla 3.15.

TABLA 3.15: VITRIFICACIÓN DE ACABADOS IMPLEMENTADO EL PROYECTO

PROCESO DE VITRIFICACIÓN ACABADOS IMPLEMENTADO EL PROYECTO							
Proceso	Temperatura °C	Cono piro métrico	Tiempo Minutos	Volumen de carga kg	Consumo Combustible	Presión Trabajo PSI	Pulso Máximo
Vitrificación Acabados	735	0,18	127	29	6 kg	12	28

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

3.5.2 Comparación Del Consumo De GLP Antes Y Después Del Proyecto

Al finalizar el proyecto se realiza los tres procesos de vitrificación para comparar la efectividad del sistema, en cuanto al consumo del combustible, tomando los datos anotados en el capítulo II observamos que se realiza un cuadro comparativo del consumo previo y posterior del proyecto como se observa en la tabla 3.16.

TABLA 3.16: COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE GLP

CONSUMO DE GLP			
PROCESO	ANTES(Kg)	DESPUÉS(Kg)	AHORRO %
<i>Biscocho</i>	40	32	20
<i>Esmalte</i>	15	11	26.6
<i>Acabado</i>	10	6	40

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

En la comparación del consumo del gas licuado de petróleo notamos que hay un ahorro de un mínimo de un 20 % a esto se le suma los porcentajes ahorrados en los otros procesos para luego definir cuál es el ahorro del taller en el combustible usado para la vitrificación de la cerámica indicados en el cuadro 3.1.

CUADRO 3.1: CONSUMO DE COMBUSTIBLE GLP



Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

Al realizar el análisis del proceso observamos que en cada uno de los procesos se ahorra un porcentaje mayor o igual al 20% es decir que al realizar los tres procesos en total se ahorraron un total de 11 kg de combustible.

3.5.3 Comparación Del Tiempo De Vitrificación De Los Procesos

Al efectuar los incrementos en el tiempo adecuado a más de reducir el consumo de combustible los tiempos de producción se redujeron gracias al aislamiento adecuado a la apertura paulatina de la válvula es por ese motivo que también se realiza un cuadro comparativo del tiempo de la producción en cada uno de los procesos como se indica en la tabla 3.17.

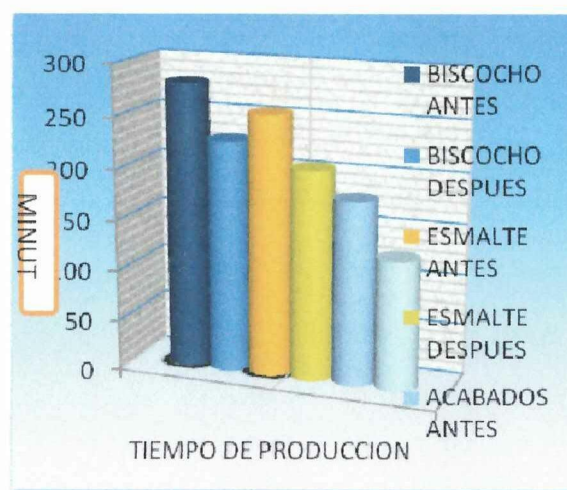
TABLA 3.17: COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE PRODUCCIÓN
TIEMPO DE PRODUCCIÓN MINUTOS

PROCESO	ANTES	DESPUÉS
<i>BISCOCHO</i>	280	227
<i>ESMALTE</i>	255	206
<i>ACABADO</i>	180	127

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

Una vez registrado los datos se realiza un cuadro para que sea más comprensible la reducción de tiempo en la producción como se observa en el cuadro 3.2

CUADRO 3.2: TIEMPO DE PRODUCCIÓN



Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

Al anotar los tiempos de producción para controlar el sistema anterior que era completamente manual el operario se tardaba alrededor de una hora y media por quema solo en el control del mismo, ahora ese tiempo lo empeña en la producción de más figuras cerámicas, si multiplicamos el valor de la hora que es de un dólar con sesenta y dos centavos hasta el 2014 significa que mensualmente el taller se ahorrara un total de 38.88 dólares en el pago de un operario, sumándole la reducción de rechazo de figura mal vitrificadas, ya que con el correcto aislamiento el calor se distribuye correctamente a todos los niveles con una diferencia de unos 20 a 25 grados centígrados entre el piso superior e inferior en la tabla 3.18 se muestra el ahorro del taller artesanal.

TABLA 3.18: AHORRO DEL TALLER EN COMBUSTIBLE

AHORRO DEL TALLER EN GLP						
Consumo mensual anterior		Costo mensual Anterior	Consumo mensual implementado el proyecto		Costo mensual ahora	Ahorro mensual Dólares
GLP	Tiempo	472.04	GLP	Tiempo	333.2	138.84
433.16	38.88		333.2			

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

3.5.4 Eficiencia De La Cámara De Combustión

La eficiencia de la cámara de combustión es una extensión del proyecto, para tener en cuenta el parámetro de trabajo del sistema, aunque no se realiza un análisis a profundidad, solo se realiza las estimaciones generales y los parámetros de la eficiencia de la cámara de combustión.

3.5.5 Calor Almacenado En Las Paredes Del Horno

Al utilizar la ecuación 1.3 se puede determinar el calor almacenado por las paredes del horno

$$Q_{ap} = mCp_{ap} \Delta T$$

Fuente: Revista Ciencia E Ingeniería Vol. 24No.3.2003 (página 4)

$$Q_{ap} = 404.08 \text{ Kg} \times 1571 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{ } ^\circ\text{C} \times 61.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{ap} = 39040795.32 \text{ KJ} = 9369790.877 \text{ Kcal} \quad \text{Resp.(5)}$$

3.5.6 Calor Perdido Por Las Paredes Del Horno

Para determinar el calor perdido por las paredes se aplica la ecuación 1.4.

$$Q_{pp} = kS\Delta S$$

Fuente: Revista Ciencia E Ingeniería Vol. 24No.3.2003 (página 4)

$$Q_{pp} = 26.945 \text{ W} \times 4.71 \text{ m}$$

$$Q_{pp} = 126,91 \text{ W}$$

$$Q_{pp} = 79.31 \text{ Kcal} \quad \text{Resp.(6)}$$

3.5.7 Eficiencia Del Horno

Para determinar la eficiencia del horno de aplica la ecuación 1.2

$$Q_t = Q + Q_p + Q_g$$

$$Q = 1160 + 93 + 164$$

$$Q = 1417^\circ C$$

Entonces la energía total de la cámara de combustión es de (1417 °C).

Para el cálculo de la eficiencia del horno se aplica la siguiente relación.

$$nt = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía total}}$$

$$nt = \frac{1160}{1417}$$

$$nt = 0.81 \times 100\%$$

$$nt = 81.86\% \text{ Kcal}$$

Resp.(7)

3.5.8 Recuperación del Capital Invertido En El Proyecto

Tomando en cuenta el ahorro generado por el proyecto, se procede a estimar el lapso de recuperación, es decir el tiempo en el cual se recupera la inversión. Al realizar la sumatoria de los requerimientos de la propuesta se observa que el proyecto costo unos 3881,04 dólares (Ver Anexo 1).

Al conocer la inversión inicial del proyecto también se necesita otros valores como valor de producción y ventas del taller dedicado a la elaboración de la cerámica indicados en la tabla 3.19.

TABLA 3.19: COSTO DE PRODUCCIÓN

COSTO DE PRODUCCIÓN MENSUAL					
	INSUMOS	UNIDADES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
DIRECTOS	<i>GLP</i>	KG	200	\$ 1,60	\$ 320,00
	<i>ESMALTE</i>	LITROS	15	\$ 5,00	\$ 75,00
	<i>CALCOS</i>	LAMINAS	50	\$ 1,50	\$ 75,00
	<i>PINTURAS</i>	LITROS	10	\$ 8,00	\$ 80,00
	<i>ARCILLA</i>	SACOS DE 50 KG.	15	\$ 10,00	\$ 150,00
	INDIRECTOS	<i>FUNDAS</i>	MILLAR	4	\$ 4,00
<i>ADORNOS</i>		MILLAR	8	\$ 10,00	\$ 80,00
<i>CONSUMO ELÉCTRICO</i>		KWH	65	\$ 0,098	\$ 6,37
TOTAL MENSUAL					\$ 802,37
TOTAL ANUAL					\$ 9.628,44

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

En la tabla 3.20 se muestra la producción del taller artesanal en cuanto a la producción y precio de cada una de las figuras cerámicas.

TABLA 3.20: PRODUCCIÓN DEL TALLER ARTESANAL

VENTAS MENSUALES			
DETALLE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
PINTADOS AL FRIO	2500	\$ 0,40	\$ 1.000,00
ESMALTADOS	1000	\$ 0,40	\$ 400,00
BISCOCHO	500	\$ 0,20	\$ 100,00
FIGURAS DECORATIVAS	100	\$ 1,00	\$ 100,00
TOTAL MENSUAL			\$ 1.600,00
TOTAL ANUAL			\$ 19.200,00

Fuente: *World Ceramic*
Elaborado por: *Los Tesistas*

Al conocer estos datos necesitamos saber en qué tiempo se recupera la inversión se procede a utilizar los siguientes indicadores.

- **VAN:** Valor Actual Neto que mide la rentabilidad del proyecto después de recuperar toda la inversión cuyo resultado debe ser mayor de cero.
- **TIR:** Taza Interna De Retorno que mide la rentabilidad como un porcentaje, resulta al realizar la inversión cuando el capital invertido rinda más que en inversiones alternativas.
- **PRI:** Periodo de recuperación de la inversión, mide el tiempo de recuperación de la inversión incluyendo el costo del capital involucrado.

Al conocer los pasos necesarios para saber el tiempo en que se recupera lo invertido en el proyecto se procede al cálculo del VAN como se indica en la tabla 3.21.

TABLA 3.21: VALOR ACTUAL NETO

CÁLCULO TMAR	
VARIABLES	PORCENTAJES
Tasa de Interés Activa	8,19%
Tasa de Interés Pasiva	5,19%
Riesgo País	5,35%
TMAR 1	12,04%

DESCRIPCIÓN	0	AÑO1
CAPITAL INVERTIDO	\$ 3.701,04	
INGRESOS ANUAL		\$ 19.200,00
COSTOS DE PRODUCCIÓN		\$ 9.628,44
	UTILIDAD NETA	\$ 9.571,56

Cálculo del Valor Actual Neto				
Años	Flujo Efectivo 1	Cálculo Factor actualización	factor Actualización	Flujo de Efectivo Actualizado
0	\$ (3.701,04)	$1/(1+0.1204)^0$	1	\$ (3.701,04)
1	\$ 9.571,56	$1/(1+0.1204)^1$	0,893	\$ 8.542,98
VAN 1				\$ 4.841,94

Elaborado por: *Los Tesistas*

Luego de encontrar el valor actual neto se procede a determinar la tasa interna de retorno como indica la tabla 3.22.

TABLA 3.22: TAZA INTERNA DE RETORNO

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno				
Años	Flujo Efectivo	Cálculo Factor actualización	Factor Actualización 17,09%	Flujo de Efectivo Actualizado
0	\$ (3.701,04)	$1/(1+0.1709)^0$	1	\$ (3.701,04)
1	\$ 9.571,56	$1/(1+0.1709)^1$	0,854	\$ 8.174,53
VAN 2				\$ 8.174,53
Elaborado por: Los Tesistas				\$ 4.473,49

CÁLCULO DEL TIR	
VARIABLES	PORCENTAJES
Tasa de Interés Activa	8,19%
Tasa de Interés Pasiva	5,19%
Riesgo País	10,40%
TMAR 2	17,09%

Elaborado por: *Los Tesistas*

Al tener los indicadores del VAN y el TIR procedemos a determinar el PRI que es el periodo de recuperación de la inversión indicados en la tabla 3.23.

TABLA 3.23: PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

PRI PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN				
	CANTIDAD	COCIENTE	RESULTADO	RETORNO
Inversión	\$ 3.701,04	0,8273		9 MESES
Flujo de efectivo	\$ 4.473,49			28 DÍAS

Elaborado por: *Los Tesistas*

Al realizar los procesos para analizar si el proyecto es rentable observamos que tanto el VAN y el TIR son positivos entonces el proyecto es rentable y la recuperación del mismo es un poco más de ocho meses.

3.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.6.1 Conclusiones

- Reducción en cada proceso en un mínimo del 20 % es decir ahorro de GLP en 8 Kg de combustible a la semana, solo en la primera vitrificación, que al sumarlo a la semana con las demás etapas representa un ahorro de 138.84 dólares mensuales
- Control de los incrementos adecuados, se lo realizaba antes cada 15 minutos, pero sin tener un estimativo de apertura de la válvula, mediante la modulación automática se puede realizar un porcentaje de apertura exacta en el tiempo que se desee, realiza 4 incrementos para tener una curva térmica ascendente.
- Reducción de los tiempos en los procesos de vitrificación a la semana, de 3 horas sin afectar a la materia prima utilizada disminuyendo los desperdicios que provocaba el sistema anterior con un rango de diferencia de unos 25 °C entre el nivel superior e inferior.
- Re potenciación de la cámara de combustión logrando que funcione en un porcentaje del 82 % de efectividad reduciendo las fugas térmicas en la pared del horno cercana a 80 Kilo Calorías.

3.6.2 Recomendaciones

- Tomar en cuenta todas las precauciones posibles para que el sistema sea seguro pues se trabaja con un combustible altamente inflamable revisando la distribución del sistema de combustión y realizando las pruebas necesarias para evitar las fugas en uno de los tramos de la instalación.
- Usar equipos diseñados para trabajar con GLP y no colocar equipos que no estén diseñados para esta aplicación revisando la hoja técnica de cada instrumento utilizado.
- Realizar una secuencia ordenada durante la programación y ejecutar las pruebas necesarias en el encendido y modulación hasta llegar a un funcionamiento óptimo.
- Comprobar regularmente el correcto funcionamiento del sensor de proximidad, ya que un voltaje excesivo puede dañar la resistencia del sensor.

3.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÁSICAS

- ASFAHI, C. Ray. *Seguridad industrial y salud*. Ediciones; Pearson Education, 2000.
- BRUCART, E. Borrás. *Gas natural características, distribución y aplicaciones industriales*. Impreso en España, Editores Técnicos Asociados, S. A. Barcelona, 1987. ISBN ; 84-7146-241-9
- CALLISTER, William. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales I*. Impreso en Barcelona, Editorial Reverté, 1995. ISBN 978-84-291-7253-9
- CASTELLS, Xavier Elías. *La combustión factores endógenos y exógenos*. Madrid, Ediciones: Díaz De Santos, 2012. ISBN ;978-84-9969-141-1
- *Física tomo I mecánica, ondas y teledinámica*. Barcelona España, Editorial; Reverté, S.A., 1986. ISBN978-84-291-4337-9
- MÁRQUEZ, Manuel. *Combustión y quemadores*. Impreso en España. Editorial; Pol Creuheras, 2005. ISBN; 84-267-1364-5
- PONS ASENSIO, Pere Ramon. *Automatización de procesos mediante la guiagemma*. Edición UPC, 2005. ISBN; 84-8301-811
- ROLLE, Kurt. *Termodinámica sexta edición*. Ediciones Pearson.
- SANZ SALLA, Consuelo Olimpia. *El régimen jurídico aplicable a los residuos de la industria cerámica*. Ediciones; University Jaume; 2000. ISBN 84-8021-335-3

CITADAS

- ASFAHI, C. Ray. “Líquidos Inflamables” *Seguridad industrial y salud*. Ediciones; Pearson Education, 2000. p. 203
- BRUCART, E. Borrás. “Quemadores Industriales” *Gas natural características, distribución y aplicaciones industriales*. Impreso en España, Editores Técnicos Asociados, S. A. Barcelona, 1987. p. 125.
- CALLISTER, William. “Factores exógenos”. *La Combustión*. Impreso en Barcelona, Editorial Reverté, 1995. p. 156-157.
- CASTELLS, Xavier Elías. “Influencia de los parámetros técnicos en el balance energético de un horno” *La combustión factores endógenos y exógenos*. Madrid, Ediciones: Díaz De Santos, 2012. p.171
- MÁRQUEZ, Manuel. “Combustión” *Combustión y quemadores*. Impreso en España. Editorial; Pol Creuheras, 2005. p. 21
- PONSAASENSIO, Pere Ramón. “Fundamentos” *Automatización de procesos mediante la guiagemma*. Edición UPC, 2005. p.11
- ROLLE, Kurt. “Temperatura” *Termodinámica sexta edición*. Ediciones Pearson. p.617
- SANZ SALLA, Consuelo Olimpia. “Origen y evolución histórica de la industria cerámica” *El régimen jurídico aplicable a los residuos de la industria cerámica*. Ediciones; University Jaume. p. 25

VIRTUALES

-AYARA, Máximo. Sensores de Temperatura. Curvas de respuestas características de las termocuplas. Abril del 2009.
<<http://snsosresdetemperatura.blogspot.com>>

-ESCOBEDO, Ricardo. Cerámica Tres Piedras. Monterrey, N.L., México. Monterrey, 2011.
<<http://www.ceramicatrespiedras.com/cursos/tecnicas/barbotina-para-colada>>

-ROMERO LUENGO, A. Cerámicas: Tipos de Hornos. México, 2003.
<<http://www.xtec.cat/~aromero8/hornos.htm>>

-OTROS: JM Industrial Technology. Soluciones Integrales en temperatura. Julio 2009. <<http://www.jmi.com.mx/sensores.htm>>. Consultado 07 de julio del 2014.

-OTROS: Animation Technology Inc. Motor a pasos, descripción.
<<http://www.automationtechnologiesinc.com/products-page/nema-34/nema34-Stepper-motor-%E2%80%93-906-oz-in-6-1a-single-shaft-kl34h295-43-8b>>.
Consultado 06 Julio del 2014.