



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE**

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

**TEMA: “ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE
EMBUTIDOS ANTE LA INCLUSIÓN DE UN PROCESO DE
COCCIÓN AUTOMATIZADO”**

AUTOR: OSCAR FABRICIO ANGULO CHILQUINGA

DIRECTOR: ING. FREDDY SALAZAR

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE EMBUTIDOS ANTE LA INCLUSIÓN DE UN PROCESO DE COCCIÓN AUTOMATIZADO”**, realizado por el señor **OSCAR FABRICIO ANGULO CHILQUINGA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **OSCAR FABRICIO ANGULO CHILQUINGA**, para que lo sustente publicamente.

Latacunga, 22 de Febrero del 2017

Atentamente,

ING. FREDDY WILLIAM SALAZAR PAREDES
DIRECTOR



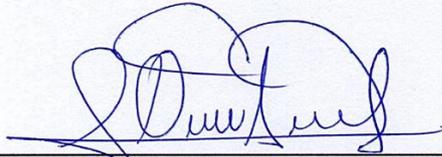
**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **OSCAR FABRICIO ANGULO CHILQUINGA**, con cedula de identidad N° 0802480186, declaro que este trabajo de titulacion **“ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE EMBUTIDOS ANTE LA INCLUSIÓN DE UN PROCESO DE COCCIÓN AUTOMATIZADO”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 22 de Febrero del 2017



OSCAR FABRICIO ANGULO CHILQUINGA
C.C. 0802480186

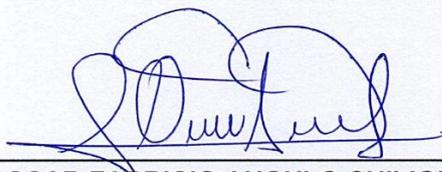


**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **OSCAR FABRICIO ANGULO CHILQUINGA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación, “**ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE EMBUTIDOS ANTE LA INCLUSIÓN DE UN PROCESO DE COCCIÓN AUTOMATIZADO**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 22 de Febrero del 2017



OSCAR FABRICIO ANGULO CHILQUINGA
C.C. 0802480186

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico con todo cariño a mis adorados hijos Kerly y Oscar, en especial a mi amada esposa Gabriela Jaramillo, ya que con mucho esfuerzo y sacrificio hizo hasta lo imposible para que nunca desmayara con este propósito de culminar mis estudios universitarios.

A mi madre que fue un pilar fundamental, a mis hermanos, a mis abuelitos también va dedicado este proyecto porque de una manera incondicional siempre estuvieron presentes con sus muestras de cariño y apoyo a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un profundo agradecimiento a mi querida madre Lourdes y a mis abuelitos Jaime y Luzmila (+) porque siempre me guiaron y me inculcaron buenos valores y deseos durante mi vida escolar y colegial para que yo pueda convertirme en profesional.

A mi amada esposa Gabriela Jaramillo también le extiendo un sincero agradecimiento porque durante toda mi carrera universitaria estuvo siempre presente para apoyarme en todo aspecto.

Además, expreso un agradecimiento especial a todos mis profesores por compartir sus conocimientos y a todos mis compañeros de aula.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN	18
1.1	Antecedentes	19
1.2	Justificación	20
1.3	Objetivos	20
1.3.1	Objetivo general	20
1.3.2	Objetivos específicos	20
1.4	Alcance	21

CAPÍTULO II

	MARCO TEÓRICO	23
2.1.	Antecedentes investigativos	23
2.2.	Termodinámica	23

2.3.	Escalas de temperatura	24
2.3.1.	Escala Celsius	24
2.3.2.	Escala Kelvin	25
2.3.3.	Escala Fahrenheit	25
2.3.4.	Escala Rankine	25
2.4.	Principios de la termodinámica	26
2.4.1.	Principio cero de la termodinámica	26
2.4.2.	Primer principio de la termodinámica	27
2.4.3.	Segundo principio de la termodinámica	28
2.4.4.	Tercer principio de la termodinámica	29
2.5.	Tipos de calor	29
2.5.1.	Calor específico	29
2.5.2.	Capacidad calorífica.....	30
2.6.	Transferencia de calor	31
2.6.1.	Tipos de transferencia de calor	31
2.7.	Hornos industriales	32
2.7.1.	Hornos eléctricos	32
2.7.2.	Resistencias eléctricas.....	33
2.7.3.	Aislante térmico.....	37
2.7.4.	Hornos de cocción de embutidos.....	37
2.7.5.	Construcción	38
a.	Material inoxidable para hornos de la industria alimenticia	39
b.	Tipos y características	39
c.	Selección de material.....	43
2.8.	Control de temperatura del horno de cocción de embutidos.....	43
2.8.1.	Temperatura del horno industrial de cocción	44

2.8.2.	Dispositivos de medición de temperatura	45
a.	Termopares.....	46
2.9.	Control PID	47
2.9.1.	Proporcional.....	48
2.9.2.	Integral	50
2.10.	Proceso en la cocción de embutidos.....	51
2.10.1.	Proceso de cocción en calor seco	52
2.10.2.	Proceso de cocción calor húmedo	52
a.	Vapor	52
b.	Grasas O aceites calientes	53
2.10.3.	Ventilación y generación de vapor interno	53
2.11.	Automatización industrial	54
2.11.1.	La automatización industrial en la industria alimenticia.....	54
a.	Ventajas	55
b.	Aplicación de la automatización en hornos industriales	56
2.12.	Estructura del PLC	57
2.12.1.	Características	59
2.12.2.	Aplicaciones.....	60
2.12.3.	Ventajas	60
2.13.	Producción	61
2.14.	Proceso.....	61
2.14.1.	Proceso organizacional.....	63
2.14.2.	La reingeniería de procesos.....	65
2.15.	Productividad	66
2.15.1.	Materia prima:	67
2.15.2.	Mano de obra:.....	67

2.15.3.	El capital:	67
2.15.4.	Máquinas y herramientas:.....	67
2.16.	Eficiencia del proceso	68
2.17.	Definición operacional.....	69
2.18.	Hipótesis	69
2.19.	Cuadro de operacionalización de las variables	70

CAPÍTULO III

3.1.	AUTOMATIZACIÓN DEL HORNO	71
3.1.1.	Dimensiones	72
3.1.2.	Análisis previo al desmontaje de componentes	72
3.1.3.	Asignación de mantenimientos y modificaciones	73
3.2.	Análisis para el rediseño e implantación de componentes.....	73
3.2.1.	Cálculo de potencia.....	74
3.2.2.	Cargas específicas máximas de la resistencia.	77
3.2.3.	Cálculo de la temperatura suministrada	80
3.2.4.	Cálculo para la cantidad de calor suministrada por la carga.	80
3.2.5.	Diseño y cálculo para resistencias eléctricas	81
3.2.6.	Cálculo numérico de resistencias	82
3.2.7.	Análisis y cálculo por pérdidas térmicas	83
3.2.8.	Análisis para el reemplazo del empaque	84
3.2.9.	Análisis del material aislante térmico	84
3.3.	Selección de dispositivos actuadores	85
3.4.	Selección de dispositivos de automatización y control.....	86
3.5.	Implementación de dispositivos y elementos	90
3.5.1.	Selección de equipos para el control de temperatura	91

a.	Análisis para el manejo de señales analógicas.....	91
b.	Elementos que intervienen en el cesado de temperatura	92
c.	Elementos que intervienen en el control de temperatura	92
d.	Selección de sensores de temperatura.....	93
3.6.	Diseño de red lógica cableada y diagrama eléctrico de control. .	95
3.7.	Características de la interfaz de control HMI	96
3.8.	Características del software de ingeniería para la edición de programas de automatización	97
3.8.1.	Edición del software para el PLC, y control PID.....	97
3.9.	Asignación de direcciones ip para el PLC y terminal HMI.....	98
3.10.	Comunicación pc – dispositivo de automatización	99

CAPÍTULO IV

4.1.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA.	100
4.1.1.	Ubicación planta en estado anterior.....	100
4.2.	Factor que incida en la producción de embutidos.	100
4.2.1.	Tiempos de preparación	100
4.2.2.	Tiempos de molienda.....	101
4.2.3.	Tiempos de cocido	101
4.2.4.	Tiempos de transporte	101
4.3.	Áreas de trabajo dispuestas.....	101
4.4.	Normas ergonómicas de trabajo.	101
4.5.	Elección de la alternativa para mejorar la producción.....	104
4.5.1.	Diseño de la planta nueva.....	104
4.5.2.	Automatización horno.	104
4.6.	Análisis comparativo de los tiempos y movimientos.	106

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117

ANEXOS

Anexo A: Diagrama de flujo	122
Anexo B: Situación actual del horno	123
Anexo C: Logo Siemens y módulo.....	126
Anexo D: Rediseño de la planta.....	129
Anexo E: Situación final del proyecto.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Escalas de temperatura	24
Figura 2	Equilibrio térmico.....	26
Figura 3	Cambio de estado	27
Figura 4	Transferencia de calor.....	32
Figura 5	Horno eléctrico	33
Figura 6	Tipos de resistencias.....	34
Figura 7	Aislante térmico.....	37
Figura 8	Horno de cocción de embutidos.....	38
Figura 9	Horno eléctrico	38
Figura 10	Cámara de Cocción.....	45
Figura 11	Control PID.....	48
Figura 12	Control proporcional.....	49
Figura 13	Control integral.....	51
Figura 14	Túnel de Vapor.....	54
Figura 15	Cadena productiva	55
Figura 16	Estructura controlador lógico programable.....	58
Figura 17	Tablero de control.....	58
Figura 18	Touch panel	59
Figura 19	Proceso	62
Figura 20	Eficiencia.....	68
Figura 21	Diagrama del Horno	72
Figura 22	Potencia específica máxima en hornos.....	74
Figura 23	Carga Especifica.....	76
Figura 24	Análisis de pérdidas.....	83
Figura 25	Empaques de horno.....	84

Figura 26	Lana de vidrio.....	85
Figura 27	Cableado de logo	87
Figura 28	Sensor PT100	88
Figura 29	Niquelinas	88
Figura 30	Contactador.....	89
Figura 31	Temporizadores.	89
Figura 32	Dispositivos de seguridad	90
Figura 33	Señal variable en el tiempo	91
Figura 34	Curva característica PT100.....	94
Figura 35	Diagrama Eléctrico de control	96
Figura 36	Paso para obtener IP	98
Figura 37	Técnicas de conexión.....	99
Figura 38	Horno de embutidos	108
Figura 39	Cajonera.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Lista de materiales	43
Tabla 2	Control de temperatura.	44
Tabla 3	Dispositivos de medición de temperatura.	46
Tabla 4	Termopares.....	47
Tabla 5	Variables	70
Tabla 6	Estado inicial.....	73
Tabla 7	Factor de resistencia.....	82
Tabla 8	Diagrama de recorridos iniciales.....	106
Tabla 9	Diagrama de recorridos final	107
Tabla 10	Factura de presupuesto	109

RESUMEN.

En el presente trabajo de titulación, tiene como objetivo central analizar el impacto en la producción previo a la automatización de un Horno industrial de cocción de embutidos, en lo cual implementando un control PI con la ayuda de un PLC se podrá controlar el correcto funcionamiento mediante un Touch Panel, la cocción automatizada de embutidos en un horno industrial. Este proyecto contribuirá a producir embutidos con excelente calidad de cocción y con un mayor incremento en la producción, lo cual optimizaría mucho tiempo y recursos. Para cumplir todo lo expuesto, el presente proyecto está estructurado, en un documento escrito y en un sistema automatizado e implementado, de varios capítulos, lo cual se expone a continuación. En el capítulo I, se da una información general sobre introducción, antecedentes, justificación y objetivos. En el capítulo II. Contiene conceptos muy detallados acerca de todas las variables utilizadas durante el proyecto, además también información de todos los equipos utilizados. En el capítulo III, se detalla todos los pasos seguidos durante el estudio y la automatización del horno además se analiza todas las variables involucradas para un correcto funcionamiento del horno. En el capítulo IV, se presenta la situación actual luego de la automatización del horno y su respectivo análisis. Por último, en el capítulo V se presenta conclusiones y recomendaciones a tomar en cuenta para el correcto funcionamiento y también aspectos generales como anexos.

PALABRAS CLAVE:

- **AUTOMATIZACIÓN HORNO DE EMBUTIDOS.**
- **RESTRUCTURACIÓN DE PROCESOS.**
- **AUMENTO DE PRODUCCIÓN,**
- **OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y TIEMPOS.**

ABSTRACT

In the present research project entitled "Analysis of the impact in the production of SAUSAGES before the INCLUSION of a process cooking automated" aims to central analyze the impact on production prior to the automation of an industrial furnace of sausages cooking, in which implementing control PI with the help of a PLC may control correct operation via a Touch Panel, automated cooking of sausages in an industrial oven. This project will contribute to produce sausage with excellent quality of cooking and a greater increase in production, which optimize time and resources. To meet all it exposed, the present project is structured, in a document written and in a system automated and implemented, of several chapters, which is exposed then. In chapter I, gives a general information about the introduction, background, rationale and objectives. In the chapter II. Contains concepts very detailed about all them variables used during the project, in addition also information of all the equipment used. In the chapter III, is details all the steps followed during the study and the automation of the oven also is analyzes all them variables involved for a correct operation of the oven. In the chapter IV, is presented the situation current after the automation of the oven and its respective analysis. Finally, chapter V presents conclusions and recommendations taking into account for proper operation and also General aspects as annexes.

KEYWORDS:

- **AUTOMATION OVEN OF SAUSAGES.**
- **RESTRUCTURING OF PROCESSES.**
- **INCREASE IN PRODUCTION.**
- **OPTIMIZATION OF RESOURCES AND TIMES.**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto titulado “Análisis del impacto en la producción de embutidos ante la inclusión de un proceso de cocción automatizado” se desarrolló en la Compañía ADITMAQ ubicada en el parque Industrial del norte de la Ciudad de Quito sector Carcelén, Provincia de Pichincha, región andina centro-norte del Ecuador.

El área en que se desarrolló el proyecto es en el sector de producción cárnica, ya que constituye un pilar fundamental en la cadena productiva del país, por su alto valor agregado, componentes tecnológicos y su articulación con diversos sectores industriales. Es así que este proyecto está relacionado en dicha empresa con la industrialización de productos cárnicos y embutidos en lo cual se aplicará conceptos relacionados con el área industrial, producción, ingeniería electromecánica, mecánica y automatización.

Es posible que, mediante la inclusión de un horno automatizado, reduzca el tiempo de cocción de los embutidos, ahorro de energía y disminución de pérdidas, además permitirá el aumento de la productividad y rentabilidad, la interrogante que se genera es: ¿los productores en la industria cárnica, podrán producir con la mejor calidad posible y a un costo más bajo?

Se estima que la introducción en el proceso de un horno automatizado permitirá disminución del riesgo de error humano, y al mismo tiempo, los operadores aprenderán a manejar la interfaz de control más rápido por ser intuitiva, misma que será autónoma porque la mayoría de las funciones son ejecutadas automáticamente. El riesgo laboral bajará al mínimo al haber menos contacto directo con el proceso. Todo esto contribuirá a un flujo de producción seguro y continuo.

1.1 Antecedentes

ADITMAQ fue creada para el ensamblaje, mantenimiento y optimización de máquinas industriales destinadas al procesamiento de alimentos de consumo masivo en sus distintas etapas, con más de una década de experiencia la empresa cubre con asesoramiento, ventas de accesorios, y prestación de servicios técnicos en las principales empresas industriales de alimentos en varias provincias del país.

Una de las funciones principales de ADITMAQ es la Automatización de máquinas industriales para el sector alimenticio cárnico y embutido, para el cual se realiza un estudio minucioso a nivel de ingeniería para su modificación respectiva, colocándolas al nivel de excelencia tecnológica y para una eficiente producción.

Ecuador es un país que, para apostarle a la exportación alimentaria, requiere cumplir los rigurosos estándares de calidad Internacional, razón por la cual, las empresas industriales del sector optan por el mejoramiento de su planta industrial. Máquinas y dispositivos son reemplazados renovados u optimizados, pero el alto costo de adquisición en la compra de maquinaria industrial, plantea otras alternativas, como medida efectiva la introducción de la Automatización, permite con una inversión moderada conseguir el propósito requerido.

Una de las características de ADITMAQ es la del rediseño y automatización de Hornos para la cocción de embutidos, cuyo proceso requiere del más mínimo cuidado en su preparación, fundamentalmente la cocción requiere de las justas proporciones de temperatura, seca y húmeda, por la cual los hornos deben ser exactos y precisos.

ADITMAQ cumple con los requerimientos de la Industria Alimenticia, por lo cual es una de las empresas tecnológicas que están a la vanguardia de la automatización Industrial.

Mediante la interacción de la mencionada empresa con el sector productor de embutidos, se busca demostrar la mejora de parámetros de producción

que implica, el involucrar un sistema de cocción automatizado en el proceso de obtención de distintos embutidos.

1.2 Justificación

Mediante este proyecto se pretende demostrar el alcance que ha logrado la Automatización Industrial en el Área Alimenticia, sus aplicaciones y el más mínimo aprovechamiento de sistemas y dispositivos de última generación.

El propósito más importante de este proyecto es demostrar al sector Industrial alimenticio, que, aplicando correctamente la automatización industrial en máquinas que están descontinuadas o de bajo nivel tecnológico, se puede dotarlas de mejor eficiencia empleando dispositivos autónomos más fáciles de manejar, y de esta manera evitar errores y proveer comodidad y confiabilidad en la operación.

Los Empresarios tendrán la alternativa más idónea, efectiva y económicamente más factible para modernizar sus plantas industriales por ende mejorar su calidad y producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar el impacto generado en la producción de embutidos mediante la inclusión de un proceso de cocción automatizado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recopilar información sobre automatización de procesos y los componentes requeridos.
- Analizar la factibilidad de automatizar el proceso de cocción de embutidos en una planta cárnica tipo.
- Analizar las variables necesarias para lograr un proceso de automatización adecuado.

- Realizar el planteamiento de una línea de producción tipo, sin sistema de cocción automatizado en su proceso.
- Plantear una línea de producción tipo, con un sistema de cocción automatizado en su proceso.
- Establecer métodos comparativos que permitan identificar la variación de parámetros entre un sistema automatizado y uno no automatizado.

1.4 Alcance

Los Hornos Industriales Alimenticios cumplen una función primordial en la preparación de alimentos pre-cocidos, dada la exigencia tecnológica Industrial, estos no están exentos del beneficio, sin embargo hornos que datan hasta de un par de décadas, son apreciados por su construcción y robustez, por lo cual las empresas del sector invierten en su mantenimiento hasta su renovación, el alto costo de compra de nuevas unidades plantea la alternativa que está optando el empresario, la aplicación de dispositivos electrónicos de control conocidos como autómatas, obviamente rediseñando su arquitectura interna y operación que está a cargo del personal especializado.

Durante este proceso de automatización que se está implementando el profesional se encuentra con varios inconvenientes de tipo mecánico, electrónico, por la cual éste emplea todos los conocimientos complementados con tecnología de reciente aplicación.

Uno de los constantes problemas surgidos durante la automatización es justamente la etapa de cocción de alimentos, para la cual el proceso debe ser exacto en la correcta dosis de calor seco y calor húmedo, el primero está dado por la aplicación de resistencias que llegan a temperaturas de 80 a 90 grados centígrados, combinado con una dosis oportuna de calor húmedo, que es abastecido por dos opciones, vapor externo o la ingeniosa construcción de un sistema de riego (aspersión) de agua, en las resistencias consiguiendo de esta forma un vapor de elevada temperatura. Pese a conseguir estas etapas necesarias de cocción, el real problema surge en la obtención precisa de temperatura y el tiempo de presencia de estos modos de cocción. De ahí se

aplica un estudio de ingeniería para una reconstrucción adecuada con el objetivo de hallar la solución planteada, combinación en tiempo más control de temperatura exacta al requerido por el operador.

El objetivo final es obtener un horno de óptimas condiciones con la asistencia de elementos automáticos que garanticen las temperaturas correctas de cocción para obtener embutidos y productos cárnicos de excelente calidad que cumpla con los requerimientos del cliente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

En relación al presente proyecto se ha determinado que existen investigaciones previas como son.

MEJORAMIENTO DE LOS CUERPOS DE HORNOS DE 20 PULGADAS EN LAS LÍNEAS DE ENSAMBLE DE LA EMPRESA MABE ECUADOR SEGÚN LAS NORMAS ISO 9001-2000, ARÉVALO SANTOS AURELIO XAVIER, 2006.

“REINGENIERÍA DE PROCESOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA DE EMBUTIDOS “LA MADRILEÑA” SECTOR TIOBAMBA, CANTÓN LATACUNGA”, Cajas Cayo Ximena Alexandra, Chiluisa Proaño Valeria Estefanía, 2015

2.2. Termodinámica

Es la rama de la física que describe los estados de equilibrio a nivel macroscópico.

El estado de un sistema macroscópico en equilibrio puede describirse mediante propiedades medibles como la temperatura, la presión o el volumen, que se conocen como variables termodinámicas.

El análisis de sistemas tiene vital importancia en la cuantificación del "calor", el cual se refiere a la transferencia de energía de una parte a otra de un cuerpo, o entre diferentes cuerpos, en virtud de una diferencia de temperatura.

La termodinámica se ha ocupado de describir cómo es que los sistemas responden a los cambios que se producen en su entorno, pudiéndose aplicar a una infinidad de situaciones, tanto de la ciencia como de la ingeniería. (Araceli Corona Escamilla, 2016)

2.3. Escalas de temperatura

Para medir la temperatura ha sido necesario un largo proceso histórico afinando las técnicas dándole un valor numérico, y con ello tener una noción intuitiva de lo que es frío o calor.

La medición de la temperatura se ha generado a través de tubos de vidrio llamado termómetros y la gran variedad de materiales que a través del estudio y la investigación ha reaccionado de distinta manera a la temperatura, calibrándolos de acuerdo a la gran cantidad de escalas, que hacen referencia a las unidades con que se mide la temperatura, (ver figura 1).

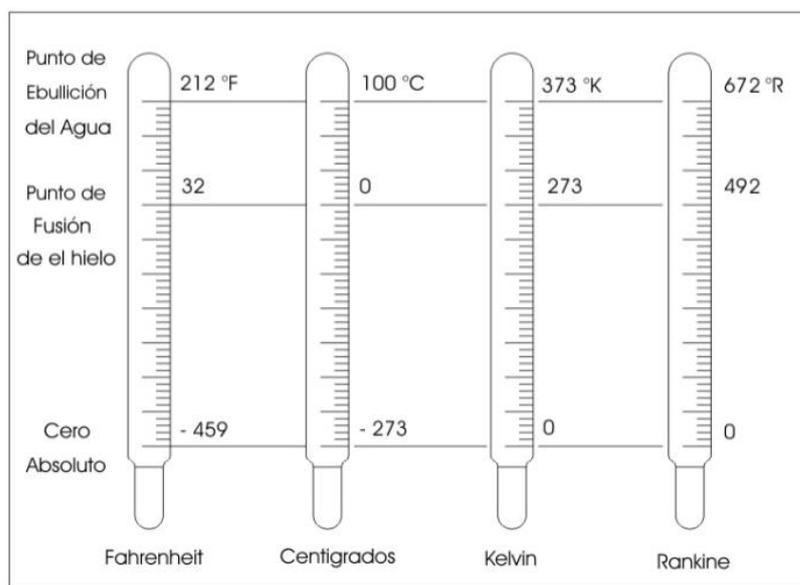


Figura 1 Escalas de temperatura

Fuente: (Martha Marie Day, 2003)

2.3.1. Escala Celsius

Por esa época el astrónomo sueco Andrés Celsius sugirió una división de 100 grados entre los dos puntos de cambio de fase del agua. Curiosamente, la escala originalmente propuesta por Celsius, llamada antiguamente escala centígrada, marcaba 100° para el punto de congelación del agua y 0° para el punto de ebullición. (muller, 2002)

2.3.2. Escala Kelvin

En esta escala se establece que el valor de 0° corresponde al cero absoluto en la cual establece que las moléculas interrumpen su movimiento molecular llegando a tener moléculas y átomos una misma energía térmica. Para la escala Celsius esta temperatura se ubica en -273 °C, esta escala se lee Kelvin y se denota por [K], esta escala se adopta en el sistema internacional de unidades.

Dado que 0° K corresponden a -273,15 °C, se puede hallar una fórmula de conversión, entre la escala Celsius y la escala Kelvin, de la siguiente forma:

$$KT = TC + 273.15C^{\circ}$$

2.3.3. Escala Fahrenheit

Gabriel Fahrenheit, fabricó termómetros en base a esta escala multiplicada por cuatro (para eliminar las fracciones). En dicha escala una mezcla de agua de mar se congela a 0° y la temperatura del cuerpo es del orden de 96°. Pronto se adoptaron para esta escala puntos de calibración más precisos como el punto de fusión y ebullición del agua, 32° y 212° respectivamente. La escala de Fahrenheit se hizo muy popular en Inglaterra y Holanda, (muller, 2002)

$$Tf = \frac{9}{5}Tc + 32c^{\circ}$$

2.3.4. Escala Rankine

En los Estado Unidos de Norteamérica se tomó como escala a los Rankine que tiene una similitud con la escala Kelvin. Como esta presenta un cero absoluto haciéndose acreedor a ser una “escala absoluta” con una diferencia, que los intervalos son similares a los de la escala Fahrenheit.

2.4. Principios de la termodinámica

2.4.1. Principio cero de la termodinámica

La temperatura es una propiedad esencial en Termodinámica. Su determinación cuantitativa (medida) se realiza con instrumentos llamados termómetros. La Ley Cero de la Termodinámica postula que es posible medir la temperatura, es decir, que la temperatura es una propiedad. (Gómez-Acebo, 2002)

Se considera ahora tres subsistemas A, B y C, separados dos de ellos, A y B, por una pared adiabática, y C separado de A y B por paredes diatérmicas. Se observa experimentalmente que si, en virtud del equilibrio térmico, A-C y B-C están en equilibrio térmico, también lo están A-B, a pesar de no estar separados por una pared diatérmica, lo cual podría comprobarse permutando el tipo de pared entre A-B-C (ver Figura 2). Esto equivale a decir que la propiedad "equilibrio térmico" es transitiva, es decir: (Gómez-Acebo, 2002)

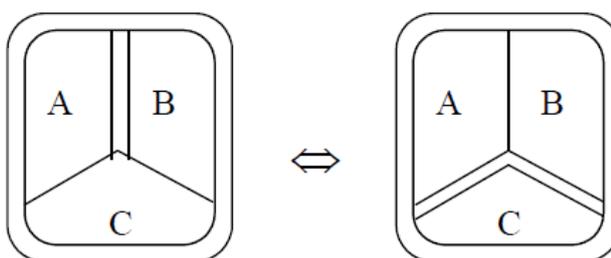


Figura 2 Equilibrio térmico

Fuente: (Gómez-Acebo, 2002)

Si dos sistemas A y B están en equilibrio térmico cada uno de ellos con un tercero C, los sistemas A y B están en equilibrio térmico entre sí. Esto constituye el llamado Principio Cero de la Termodinámica, por el cual la existencia del equilibrio térmico entre dos sistemas puede verificarse a través de un sistema intermedio llamado termómetro, sin necesidad de que los dos sistemas estén necesariamente en contacto a través de una pared diatérmica. (Gómez-Acebo, 2002)

2.4.2. Primer principio de la termodinámica

El Primer Principio se formula para procesos adiabáticos. Un determinado cambio de estado en un sistema se puede conseguir con procesos muy distintos, en los que en principio el trabajo tendrá distinto valor según sea el camino recorrido en cada proceso. Por ejemplo, en la (Figura 3) se puede conseguir el mismo cambio de estado (aumento de la temperatura empírica del baño) tanto con una resistencia eléctrica como con la (Gómez-Acebo, 2002)

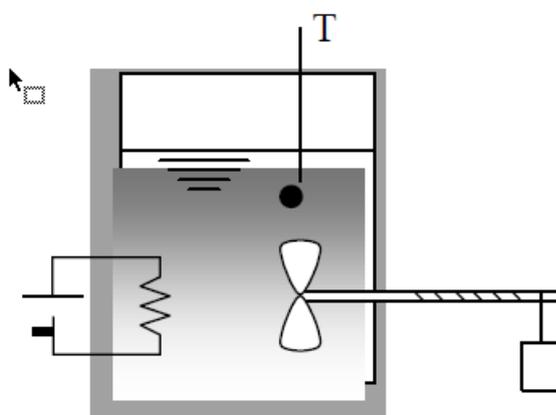


Figura 3 Cambio de estado

Fuente: (Gómez-Acebo, 2002)

Sin embargo, si el proceso es adiabático, se observa que el trabajo aportado (es decir, el cambio de altura de un peso en el entorno) es siempre el mismo, con independencia de cómo sea el proceso. Esta observación experimental constituye el Primer Principio de la Termodinámica. (Gómez-Acebo, 2002)

Agitación violenta de un sistema de agitación mecánica. La ecuación general de la conservación de la energía es la siguiente:

$$E_{entrada} - E_{salida} = E_{sistema}$$

Que aplicada a la termodinámica teniendo en cuenta el criterio de signos termodinámico, queda de la forma:

$$U = Q - W$$

Donde U es la energía interna del sistema (aislado), Q es la cantidad de calor aportado al sistema y W es el trabajo realizado por el sistema.

2.4.3. Segundo principio de la termodinámica

Se ha considerado el segundo principio con un enunciado que se refiere a los cambios posibles de entropía que tiene lugar en el proceso arbitrario. La entropía fue definida en función de los intercambios de calor que tienen lugar en ciclo de Carnot. Existen otros dos enunciados del segundo principio que se forman frecuentemente como punto de partida para definir la entropía; ambos conducen, naturalmente, al mismo resultado final, pero por un camino más elaborado. (Francis W. Sears, 1978)

No es posible ningún proceso cuyo único resultado sea la cesión de calor por un sistema a una determinada temperatura y la absorción de la misma cantidad de calor por un segundo a mayor temperatura. (Francis W. Sears, 1978)

El enunciado de Clausius desde una temperatura más alta a otra más baja. Sin embargo, el mecanismo de conducción de calor se utiliza para definir lo que se entiende por temperatura “más alta” y “más baja”; se asignará a las temperaturas valores numéricos, de tal modo que el calor pasa por conducción de la temperatura más baja. ¿pero el enunciado de Clausius va más alta y afirmada que no es posible ningún proceso, cualquiera que sea este, cuyo único resultado está en contradicción en el enunciado. (Francis W. Sears, 1978)

El enunciado de Clausius puede considerarse como consecuencia directa del principio de aumento de la entropía. En efecto, suponiendo que el único resultado de un proceso una cantidad de calor Q que sale de un sistema A a una temperatura T_1 y una cantidad de calor de igual magnitud que recibe un sistema B a una temperatura superior T_2 . Tal proceso no contradiría el primer principio ya que el trabajo del proceso sería cero y el incremento de la energía

interna en B sería igual al decrecimiento de la energía interna de A. la variación de entropía del sistema sería. (Francis W. Sears, 1978)

$$\Delta S_A = -\frac{|Q|}{T_1}, \quad \Delta S_B = \frac{|Q|}{T_2}$$

2.4.4. Tercer principio de la termodinámica

El tercer principio de la termodinámica gobierna al comportamiento de los sistemas que están en equilibrio interno cuando su temperatura al cero absoluto. Su historia se remonta a más de 100 años y tiene su origen en los intentos de encontrar las propiedades de un sistema el sentido en que se tiene lugar una reacción química e igualmente importante descubrir que es lo que determina una reacción no se produzca y el sistema se encuentre en equilibrio, así como térmico y mecánico. (Francis W. Sears, 1978)

2.5. Tipos de calor

2.5.1. Calor específico

Es la cantidad de energía, en forma de calor, que gana o pierde un sistema por unidad de masa, para que se produzca en él un cambio de temperatura de un grado, sin que haya cambio de estado.

$$C_p = \frac{q}{m\Delta T}$$

Donde:

q es el calor ganado o perdido en Julios o Kilojulios (KJ).

m es la masa (Kg) ΔT es el cambio en la temperatura ($^{\circ}\text{C}$ o K)

c_p es el calor específico (KJ/Kg $^{\circ}\text{C}$) ó (J/Kg $^{\circ}\text{C}$). El subíndice p significa "a presión constante". En la práctica, sólo cuando se trabaja con gases es

necesario distinguir entre el calor específico a presión constante y el calor específico a volumen constante c_v .

El valor del calor específico de un alimento se obtiene mediante la experimentación; varía ligeramente con la temperatura.

2.5.2. Capacidad calorífica

Se denomina capacidad calorífica específica o calor específico de un sistema a su capacidad calorífica por unidad de masa o mol y se la designa con c , de modo que $C = m c$. El calor específico de una sustancia puede ser negativo, positivo, nulo o infinito, dependiendo del proceso que experimente el sistema durante la transferencia de calor. Sólo tiene un valor definido para un proceso determinado. Por lo tanto, la capacidad calorífica de un sistema depende tanto de la naturaleza del sistema, como del proceso particular que el sistema experimenta. La capacidad calorífica en un proceso durante el cual el sistema se somete a una presión hidrostática externa constante, se denomina capacidad calorífica a presión constante y se representa por C_p . El valor de C_p para un sistema determinado depende de la presión y de la temperatura. Si el sistema se mantiene a volumen constante mientras se le suministra calor, la capacidad calorífica correspondiente se denomina capacidad calorífica a volumen constante y se representa por C_v . (Foussats, 2003)

Debido a las grandes tensiones que se producen cuando se calienta un sólido o un líquido al que se le impide su expansión, las determinaciones experimentales de C_v en sólidos y líquidos son difíciles y por ello se mide generalmente la magnitud C_p . La cantidad total que fluye en un sistema en cualquier proceso viene dada por: (Foussats, 2003)

$$Q = \int_{t_i}^{t_f} C dt$$

Dentro de un intervalo de temperaturas en el cual C puede considerarse constante:

$$Q = C(T_f - T_i) = mc(T_f - T_i)$$

Cuanto mayor es la capacidad calorífica del sistema, menor es la variación de temperatura para un flujo determinado y, en realidad, haciendo la capacidad calorífica lo suficientemente grande, la variación de temperatura puede hacerse tan pequeña como se desee. Un sistema cuya capacidad calorífica es muy grande se denomina fuente térmica y se caracteriza por el hecho de que se le puede entregar o quitar cualquier cantidad de calor sin que se produzca en él una variación de temperatura apreciable. Una forma de obtener una fuente térmica es tomar una gran masa de sustancia (por ejemplo, el mar o un río pueden considerarse como tal). (Foussats, 2003)

2.6. Transferencia de calor

La transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo, por ejemplo, un objeto sólido o un fluido, está a una temperatura diferente de la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de energía térmica, también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico. La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado del segundo principio de la termodinámica. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos en proximidad uno del otro, la transferencia de calor no puede ser detenida solo puede hacerse más lenta. (Foussats, 2003)

2.6.1. Tipos de transferencia de calor

El calor se transfiere, o se transmite, de cosas más calientes a cosas más frías. Si están en contacto varios objetos con temperaturas distintas, los que están más calientes se enfrían y los que están más fríos se calientan. Tienden a alcanzar una temperatura común. Esta igualación de temperaturas se lleva a cabo de tres maneras: por conducción, convección y radiación, como se puede ver en la (figura 4) (Foussats, 2003)

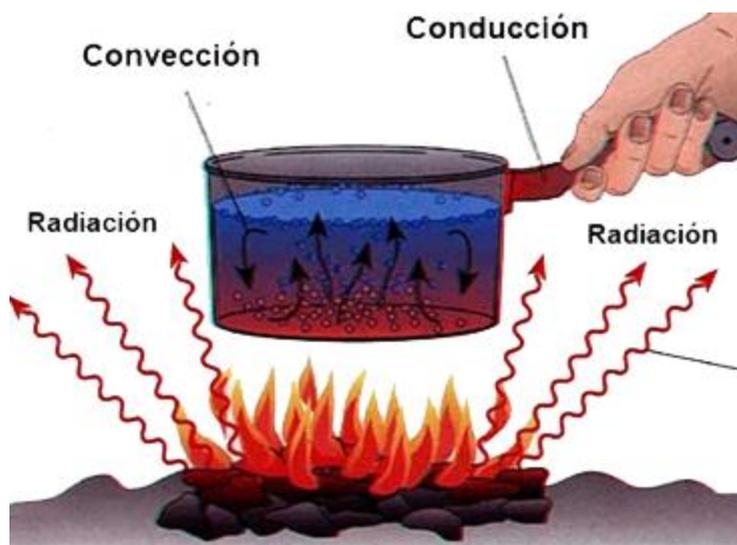


Figura 4 Transferencia de calor

Fuente: (publico, 2014)

2.7. Hornos industriales

Los hornos industriales tienen el objetivo principal de elevar la temperatura de un cuerpo por encima de la temperatura ambiente. Mediante un intercambio de energía calorífica, los hornos aumentan su temperatura y transfieren determinadas cantidades de calor al cuerpo o material que se encuentra en su interior.

2.7.1. Hornos eléctricos

Es aquel aparato para la cocción que funciona con energía eléctrica. Esta es convertida en calor por resistencias. Los hornos eléctricos son totalmente automatizados; la cocción es la más perfecta por el control que mantiene sobre la temperatura en todo momento. Ciertamente el consumo de electricidad es oneroso, aunque en los modernos no es excesivamente alto. Ver (figura 5)



Figura 5 Horno eléctrico

Fuente: (Naya, 2015)

En la actualidad con los sistemas de programación que se incorporan son muy útiles y fiables. En las cámaras de estos hornos van alojadas, en unas zanjias o vías de las paredes, unas espirales de hilo conductor de energía eléctrica, que actúan de resistencia formadas por aleaciones de cromo-níquel y otros metales cuya característica es la buena conductividad, según las temperaturas que se quiera alcanzar.

Puede controlarse la velocidad de elevación de temperatura, y mantener esta entre límites muy precisos, con regulaciones completamente automáticas.

La carga queda por completo libre de contaminación del gas combustible.

Tienen mayor duración los revestimientos que en los demás tipos de hornos.

2.7.2. Resistencias eléctricas

Son elementos que se fabrican a base de níquel, donde la energía eléctrica se transforma en calor. (Ver figura 6) Mediante la ley de joule se puede determinar la cantidad de calor que es capaz de entregar una resistencia.

Esta cantidad de calor dependerá de la intensidad de tiempo que esté conectada. De acuerdo a la ley de joule decimos que la cantidad de calor desprendido de una resistencia es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente y directamente proporcional al valor de la resistencia y al tiempo.



Figura 6 Tipos de resistencias.

Fuente: (Diamore S.A., 2016)

Las resistencias eléctricas para hornos se dividen en dos grandes grupos:

Resistencias blindadas.

Resistencias de hilo kanthal.

Todas ellas aportan la energía requerida a las piezas o cuerpos que se hallan en el interior del horno. Las primeras se pueden utilizar hasta temperaturas de 800°C y el uso de las segundas está aconsejado para rangos de temperaturas entre 800°C y 1300°C.

Existen diversas formas de transmisión de calor. Según dónde se ubiquen las resistencias, los hornos pueden ser de calefacción por la parte inferior, superior o lateral.

El calentamiento de piezas o cuerpos por resistencias eléctricas puede ser por radiación, convección o una combinación de ambas.

Los hornos de convección de aire consiguen temperaturas homogéneas en todo su interior ya que anulan el efecto de calentamiento por radiación. Una

turbina de aire es la encargada de recircular el aire y captar el calor cedido por las resistencias blindadas.

Mediante la ley de Ohm se obtiene que:

$$P = V * I$$

Donde:

P= Potencia del horno, cuyo valor es 2397.88 W

V= Tensión disponible, cuyo valor es de 220V

I= Intensidad del horno en Amp.

De aquí se despeja despejar I:

$$I = \frac{P}{V}$$

El circuito será alimentado con 220V, entonces:

$$I = \frac{707.74 W}{220 V}$$

$$I = 3.21 \text{ Amp}$$

Con el valor de la corriente se obtiene el valor de la resistencia con:

$$R_t = \frac{V}{I}$$

$$R_t = \frac{220 V}{3.21 \text{ Amp}}$$

$$R_t = 68.38 \Omega$$

Cálculo de la resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo.

El valor de coeficiente será de 1.045 a 1000°C tomando las tablas de coeficientes del KANTHAL.

$$R_T = C_t \times R_{20}$$

Donde:

R_t= Resistencia Eléctrica a la temperatura de trabajo en Ω

Ct= Coeficiente de Resistividad a 1000°C

$$R_t = 1.045 * 1.16\Omega$$

Con esto los resultados la resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo cambia a 1.16Ω por metro.

Ahora con el valor obtenido para el horno y valor obtenido de 1,16 Ω/m de la resistencia de trabajo, se desglosa cuánto material será necesario para hacer las resistencias:

$$L_t = \frac{R}{RT}$$

$$L_t = \frac{68.38\Omega}{1.16\Omega/m}$$

$$L_t = 58.95[m]$$

Con la longitud del material para hacer las resistencias, se podrá saber cuánto material será necesario por cada resistencia (tres):

$$L_u = \frac{L}{3}$$

$$L_u = \frac{58.95 [m]}{3}$$

$$L_u = 19.6 [m]$$

Diámetro de la espira (D)

Para hornos industriales.

Temperatura de los elementos menores a 1000°C D/d = 6

Temperatura de los elementos mayores a 1000°C D/c = 5

$$D = 5 * d$$

$$D = 5 * 1.3[mm]$$

$$D = 6.5[mm]$$

2.7.3. Aislante térmico

Los aislamientos térmicos son aquellos que tiene la capacidad para oponerse al paso del calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen. Aquellos materiales que ofrecen una resistencia alta, se llaman aislantes térmicos específicos. Ejemplos de estos aislantes térmicos específicos pueden ser las lanas minerales como: lana de roca y lana de vidrio (ver figura 7).



Figura 7 Aislante térmico

Fuente: (Arquigrafico, 2016)

2.7.4. Hornos de cocción de embutidos

Horno, dispositivo que capaz de generar calor y mantenerlo dentro en su compartimento cerrado. Su utilidad es variada y va desde el calentamiento de alimentos, cocido y secado de los mismos. (Ver figura 8) Para los hornos de cocción de embutidos es de manera controlada a través de niquelinas que calienta el horno hasta la temperatura ideal. El sistema estructural completamente modular de acuerdo al número de carros varilleros, puertas con sello hermético y empaques, paredes aisladas y completamente soldadas, plataforma para ingreso de carros.

Las juntas de construcción son completamente soldadas para prevenir filtraciones, inclusión de vapor en el interior de las paredes o fuera del cuarto y evitar aglomeración de residuos.



Figura 8 Horno de cocción de embutidos

Fuente: (Sltalsa, 2016)

2.7.5. Construcción

El horno se halla formado por cinco partes fundamentales que se consideran o se pueden considerar como piezas independientes y que han sido concebidas por separado para su análisis y estudio por parte de los encargados de la construcción del horno. (ver figura 9)

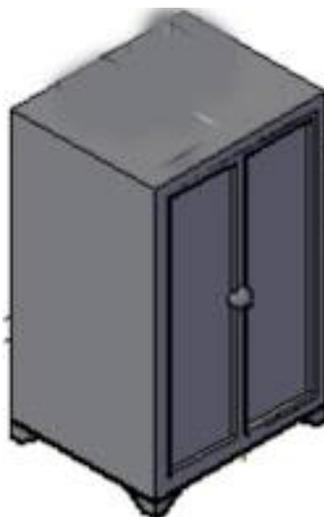


Figura 9 Horno eléctrico

El horno industrial se halla formado por las siguientes partes principales:

a. Material inoxidable para hornos de la industria alimenticia

En el caso de acero, el hierro presente se combina con el oxígeno del aire para formar óxidos de hierro o “herrumbre”. A principios del siglo XX algunos metalurgistas descubrieron que adicionando poco más de 10% de cromo al acero, éste no presentaba herrumbre bajo condiciones normales; la razón de ello es que el cromo suele unirse primeramente con el oxígeno del aire para formar una delgada película transparente de óxido de cromo sobre la superficie del acero y excluye la oxidación adicional del acero inoxidable. Esta película se llama capa pasiva. En el caso de que ocurra daño mecánico o químico, esta película es auto reparable en presencia de oxígeno.

Los aceros que se emplea en la industria alimentaria es el AISI 316 este acero, tiene algo menos de contenido de cromo (16 a 18%), algo más de níquel (10-14%), el mismo manganeso (2%) y la aleación además lleva molibdeno (2 a 3%). El acero AISI 316 debido a su composición es más resistente a ácidos, sales y ambientes húmedos. Este acero es considerado de alta calidad y tiene un precio bastante elevado. Actualmente en los últimos años los fabricantes además de disminuir los espesores del acero inoxidable para hostelería están trabajando con el acero inoxidable AISI 430, por eso en muchas de las máquinas industriales actuales se pegan los imanes, ya que a diferencia de los anteriores es del tipo Ferrítico y tiene propiedades magnéticas, es menos dúctil que los anteriores y también las soldaduras son menos resistentes.

b. Tipos y características

En la actualidad se cuenta con un gran número de tipos y grados de acero inoxidable en diversas presentaciones, y con una gran variedad de acabados, dimensiones, tratamientos, etc. Atendiendo a la estructura predominante de cada tipo, los aceros pueden ser clasificados en tres grupos:

Austeníticos

Martensíticos

Ferríticos

Duplex

Endurecidos por precipitación

- Aceros inoxidables martensíticos

Son la primera rama de los aceros inoxidables simplemente al cromo. Representan una porción de la serie 400, sus características son:

Moderada resistencia a la corrosión

Endurecibles por tratamiento térmico y por lo tanto se pueden desarrollar altos niveles de resistencia mecánica y dureza

Son magnéticos

Debido al alto contenido de carbono y a la naturaleza de su dureza, es de pobre soldabilidad

Los Martensíticos son esencialmente aleaciones de cromo y carbono. El contenido de cromo es generalmente de 10.5 a 18% y el de carbono es alto, alcanzando valores de hasta 1.2%.

- Aceros inoxidables ferríticos

Estos aceros inoxidables de la serie 400 AISI (American Iron & Steel Institute) mantienen una estructura ferrítica estable desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión, sus características son:

Resistencia a la corrosión de moderada a buena, la cual se incrementa con el contenido de cromo y algunas aleaciones de molibdeno

Endurecidos moderadamente por trabajo en frío: no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico

Son magnéticos

Su soldabilidad es pobre por lo que generalmente se eliminan las uniones por soldadura a calibres delgados

Usualmente se les aplica un tratamiento de recocido con lo que obtienen mayor suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión

Debido a su pobre dureza, el uso se limita generalmente a procesos de formado en frío

Los Ferríticos son esencialmente aleaciones con cromo. El contenido de cromo es usualmente de 10.5 a 30%, pero contenidos limitados de carbono del orden de 0.08%. Algunos grados pueden contener molibdeno, silicio, aluminio, titanio y niobio que promueven diferentes características.

- Aceros inoxidable austeníticos

Los aceros inoxidable austeníticos constituyen la familia con el mayor número de aleaciones disponibles, integra las series 200 y 300 AISI. Su popularidad se debe a su excelente formabilidad y superior resistencia a la corrosión. Sus características son las siguientes:

- Excelente resistencia a la corrosión
- Endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico
- Excelente soldabilidad
- Excelente factor de higiene y limpieza
- Formado sencillo y de fácil transformación
- Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas
- Son no magnéticos

Los Austeníticos se obtienen adicionando elementos formadores de austenita, tales como níquel, manganeso y nitrógeno.

El contenido de cromo generalmente varía del 16 al 26% y su contenido de carbono es del rango de 0.03 al 0.08%. El cromo proporciona una resistencia a la oxidación en temperaturas aproximadas de 650° C en una variedad de ambientes.

Esta familia se divide en dos categorías:

SERIE 300 AISI.- Aleaciones cromo-níquel

SERIE 200 AISI.- Aleaciones cromo-manganeso-nitrógeno

Serie 300 AISI

Es la más extensa, mantiene alto contenido de níquel y hasta 2% de manganeso. También puede contener molibdeno, cobre, silicio, aluminio, titanio y niobio, elementos que son adicionados para conferir ciertas características. En ciertos tipos se usa azufre o selenio para mejorar su habilidad de ser maquinados.

Serie 200 AISI

Contiene menor cantidad de níquel. El contenido de manganeso es de 5 a 20%. La adición de nitrógeno incrementa la resistencia mecánica.

- Aceros inoxidable dúplex

Son aleaciones cromo-níquel-molibdeno, sus características son las siguientes:

Son magnéticos

No pueden ser endurecidos por tratamientos térmicos

Buena soldabilidad

La estructura dúplex mejora la resistencia a la corrosión de fractura bajo tensión en ambientes con iones de cloruro.

Los dúplex tienen un contenido de cromo de entre 18 y 26% y de níquel de 4.5 a 6.5%. La adición de elementos de nitrógeno, molibdeno, cobre, silicio y tungsteno imparten ciertas características de resistencia a la corrosión.

- Aceros inoxidable endurecibles por precipitación

Esta familia ofrece una alternativa a los aceros inoxidable auténticos cuando se desea asociar elevadas características mecánicas y de maquinabilidad. Son aleaciones hierro-cromo-níquel que se caracterizan por la resistencia mecánica obtenida a partir del endurecimiento por tratamiento térmico de envejecimiento. Los aceros endurecibles por precipitación están patentados y frecuentemente se les designa con las siglas de la empresa productora.

c. Selección de material

Durante la producción, y para proteger el alimento, los componentes de la máquina no deben desprender ni absorber sustancias nocivas ni que alteren negativamente el sabor ni el olor de los alimentos, tanto por contacto directo como indirecto. Para garantizar la seguridad durante la limpieza, los materiales de los componentes de la máquina no deben reaccionar al producto de limpieza ni a los productos químicos antimicrobianos (desinfectantes). Por lo tanto, deben ser resistentes a la corrosión, estables mecánicamente y diseñados de manera que la superficie del material no sufra alteraciones. (Festo, 2013)

El acero inoxidable de aleación fina suele ser la opción más lógica para la construcción de máquinas y equipos en la industria alimentaria

Tabla 1

Lista de materiales

AISI	EN10088-1	DIN	Internacional	Apto para el contacto con productos alimentarios según	Clase de resistencia a la corrosión CRC
AISI 304	X5CrNi18-10	1.4301	0Cr18Ni9 (China) SUS 304 (Japón) STS 304 (Corea) 08Ch18N10 (CEI)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	STS 316 (Corea) 08Ch16N11M3 (CEI) 0Cr17Ni12Mo2 (China) SUS 316 (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 316L	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	00Cr17Ni14Mo2 (China) STS 316L (Corea) SUS 316L (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 316L	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	00Cr17Ni14Mo2 (China) SUS 316L (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 329	X3CrNiMoN27-5-2	1.4460	0Cr26Ni5Mo2 (China) 10Ch26N5M (CEI) SUS 329J1 (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 316Ti	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	0Cr18Ni12MoTi (China) 10Ch17N13M2T (CEI) STS 316Ti (Corea) SUS 316Ti (Japón)	ANSI/NSF 51	El titanio incrementa la CRC a 4

Fuente: (Festo, 2013)

2.8. Control de temperatura del horno de cocción de embutidos.

Entre otras características, lo que se requiere de este controlador de temperatura es que tenga un microprocesador que lo haga veloz para

reaccionar y procesar la señal de entrada. Se requiere un controlador con las especificaciones que se muestran a continuación en la (Tabla 2)

Tabla 2

Control de temperatura.

Especificación del controlador de temperatura	
Alimentación	90-270 VAC, 47-63 Hz, 10 VA, 5 W max. 11-26 VAC/VDC, 10 A %W max
Entrada A/d	-2 VDC hasta VDC, 4-20 Ma
Salida	Lineal, A\la triac, a rele, etc.
Peso	No mayor a 150gr
Dimensiones	Dentro de los parámetros de un controlador para panel (mascarilla 2*5 cm, profundidad 5 cm aproximado.
Comunicación	RS-485, RS-232

2.8.1. Temperatura del horno industrial de cocción

La cocción tiene por finalidad impartir al embutido una consistencia firme debido a la coagulación de las proteínas y a la deshidratación parcial del producto, fijar su color por desnaturalización de la mioglobina dando lugar a la formación del nitrosilhemocromo y prolongar su vida útil debido a la pasterización que supone. La cocción se realiza, dependiendo del tipo de embutido, a temperaturas comprendidas entre 75-80° C, durante períodos de tiempo variables (10 a 120 minutos) y con humedades relativas altas (98-100 por 100). El ahumado confiere al producto un aspecto y aroma característicos. Los compuestos de humo tienen un efecto bacteriostático y también producen una desecación que contribuye a inhibir el crecimiento bacteriano. Los compuestos fenólicos del humo protegen en cierto grado los productos frente a la oxidación de la grasa. El ahumado se puede realizar en frío o en caliente (entre 20° y 80° C) con períodos de tiempo también variables, de 30 minutos a 48 horas dependiendo del tipo de embutido y con humedades relativas comprendidas entre el 60 y el 70 por 100 como se indica en la (figura 10).



Figura 10 Cámara de Cocción

Fuente: (Alimentacion., 1989)

2.8.2. Dispositivos de medición de temperatura

Existen muchos dispositivos que sirven para medir temperatura, pero solo algunos han sido adaptados para su uso en ambientes industriales tal como se demuestra en la (tabla 3).

Tabla 3

Dispositivos de medición de temperatura.

PRINCIPIO GENERAL	TIPO	Principio de funcionamiento	ALCANCE (°C)
ELÉCTRICOS	Termocupla	La f.e.m. inducida en dos alambres de distintos metales o aleaciones depende en forma directa de la diferencia de temperaturas entre los dos extremos soldados (juntas).	-200 a 2000
	Termoresistencias	Se infiere la temperatura a partir de la variación en la resistencia eléctrica de un metal, generalmente platino, cobre o níquel.	-200 a 700
	Termistores	Similar al anterior, pero de un semiconductor. La resistencia tiene relación inversa con la temperatura.	< 300
EXPANSIÓN TÉRMICA	Sistemas de dilatación	Son elementos que aprovechan la capacidad de los fluidos (líquidos y gases) de dilatarse con la temperatura. Generalmente se asocian a transmisores neumáticos.	-195 a 760
	Termómetros de vidrio	Similares a los anteriores pero para indicación sobre una escala.	-200 a 350
	Bimetálicos	Consisten en dos piezas de aleaciones de distinto coeficiente de dilatación térmica que producen cambios de forma por efecto de la temperatura.	-50 a 500

Fuente: (Herrera, 2014)

a. Termopares

Un termopar es un dispositivo capaz de convertir la energía calorífica en energía eléctrica. Su funcionamiento se basa en los descubrimientos hechos por Thomas Seebeck en 1821 cuando hizo circular corriente eléctrica en un circuito, formado por dos metales diferentes cuyas uniones se mantienen a diferentes temperaturas, esta circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de dos metales diferentes cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto Thomson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal

homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas. Como se puede evidenciar en la (tabla 4)

Tabla 4

Termopares

Tipo de Termopar	Uso	Temperatura de Operación	Máximo de Usos Permitidos
Desechable Metal Base	TUS/SAT	≤980°C (1800°F)	15
Desechable Metal Base	TUS/SAT	>980°C (1800°F)	1
Desechable Metal Base	Control	Todas	1
Desechable Metal Base	Monitoreo/Registrador/Sensor de Carga (4)	>650°C (1200°F)	1
Desechable Metal Base	Monitoreo/Registrador/Sensor de Carga (4)	≤650°C (1200°F)	30
Reusable Metal Base	TUS/SAT/Sensor de Carga	≤980°C (1800°F)	180
Reusable Metal Base	TUS/SAT/Sensor de Carga	>980°C (1800°F)	90

Fuente: (Zacarias, 2015)

2.9. Control PID

Un controlador PID es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado.

El algoritmo del control PID consiste de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional depende del error actual. El Integral depende de los errores pasados y el Derivativo es una predicción de los errores futuros. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control como la posición de una válvula de control o la potencia suministrada a un calentador.

Cuando no se tiene conocimiento del proceso, históricamente se ha considerado que el controlador PID es el controlador más adecuado. Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer una acción de control diseñado para los requerimientos del proceso en específico. La respuesta del controlador puede describirse en términos de la respuesta del control ante un error, el grado el cual el

controlador sobrepasa el punto de ajuste, y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. (Lacan, 2014)

Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. (Ver figura 11) Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control. (Lacan, 2014)

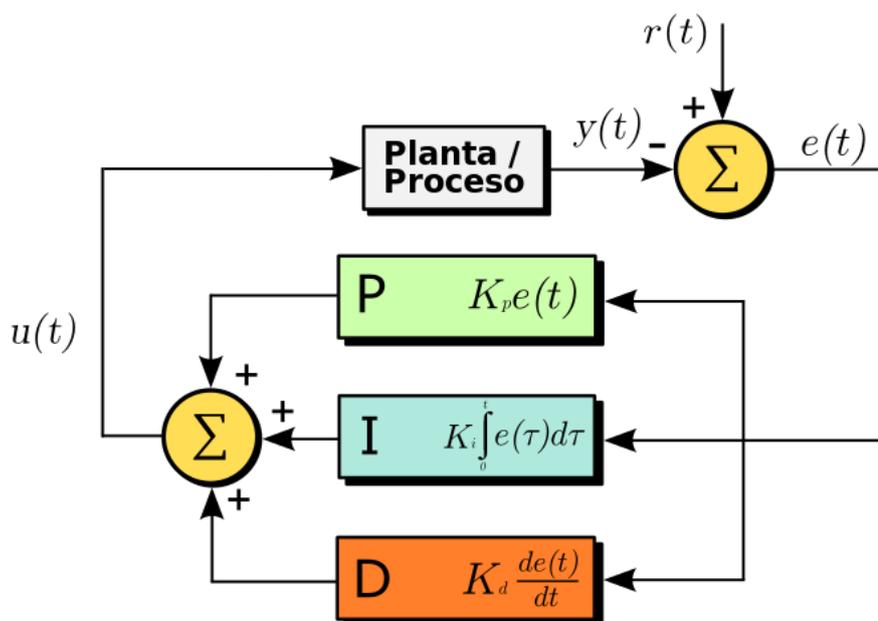


Figura 11 Control PID

Fuente: (Lacan, 2014)

2.9.1. Proporcional

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional para lograr que el error en estado estacionario se aproxime a cero, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también

un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa. (Lacan, 2014)

La fórmula del proporcional está dada por:

$$P_{sal} = K_p e(t)$$

El error, la banda proporcional y la posición inicial del elemento final de control se expresan en tanto por uno. Nos indicará la posición que pasará a ocupar el elemento final de control. (Ver figura 12)

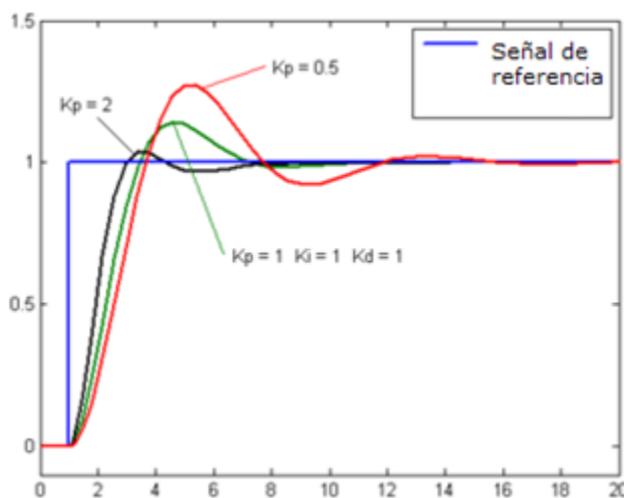


Figura 12 Control proporcional.

Fuente (Lacan, 2014)

2.9.2. Integral

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El *error* es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante I. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario. (Lacan, 2014)

El modo integral presenta un desfaseamiento en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación (negativa) acercan al proceso a tener un retraso de 270°, luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso. La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. Es el tiempo en que delante una señal en escalón, el elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional. (Ver figura 13) (Lacan, 2014)

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional. (Lacan, 2014)

La fórmula de la integral está dada por:

$$I_{sal} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

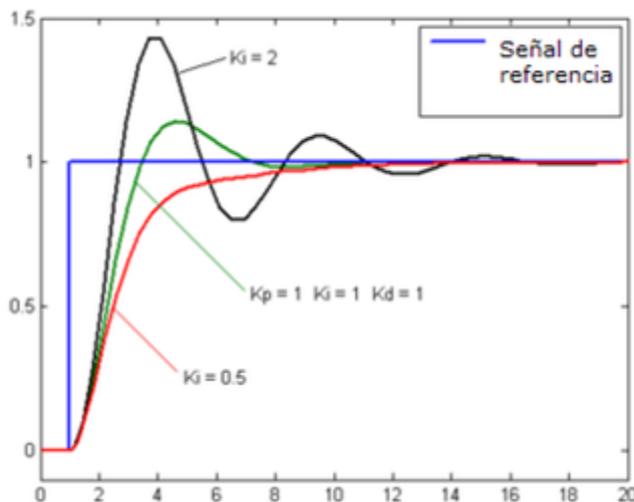


Figura 13 Control integral.

Fuente: (Lacan, 2014)

2.10. Proceso en la cocción de embutidos

El proceso de cocción se define como el tratamiento térmico a altas temperaturas mayor de 80°C hasta un punto determinado y durante el tiempo suficiente para producir cambios irreversibles, al que es sometida la carne y que es responsable de toda una serie de fenómenos físico-químicos, bioquímicos y microbiológicos que definirán la calidad y las propiedades organolépticas del producto que proporciona tejidos blandos de mejora comestibilidad y digestibilidad.

Los principales objetivos que se persiguen con dicho tratamiento térmico se pueden resumir en: el desarrollo de las características sensoriales (color, sabor, estructura, textura, etc.), la estabilización microbiológica del producto y limitar los efectos de una cocción excesiva (mermas, degradación de las características organolépticas).

Durante la cocción se modifica

- El flavor: El aroma y sabor son más apetecibles.
- El aspecto: Menos líquidos libres, por ejemplo, sangre.
- Su estructura: Más blanda lo que facilita la masticación y digestión.

- Seguridad higiénica: Destruyendo y/o inhibiendo el crecimiento de los microorganismos.

2.10.1. Proceso de cocción en calor seco

En estos tratamientos térmicos se originan, según la técnica empleada, reacciones de Maillard pardeamiento químico, que forma una costra superficial sobre el producto. Con técnicas abiertas como la cocción casera de asado a la plancha o a la parrilla, la fuente de calor está a corta distancia del alimento y la energía se transfiere por radiación, modificando rápidamente la superficie de los tejidos cárnicos; en el interior del trozo de carne la transferencia se realiza por convección.

Los métodos de cocción de la carne son: aire caliente, por radiación, dieléctrico y extrusión con cocción.

2.10.2. Proceso de cocción calor húmedo

El calor húmedo es uno de los métodos más utilizados en la cocción de productos cárnicos. Los más comunes son: al vapor, en agua caliente y grasa o aceites calientes.

a. Vapor

La cocción se realiza con vapor saturado a 100°C. El calor latente es cedido a la superficie de la carne al condensarse el vapor, obteniendo una óptima transferencia de calor sin que se produzca el pardeamiento ni otras reacciones asociadas con la aplicación de altas temperaturas, como sucede con el asado. A esta temperatura los tejidos se ablandan, especialmente los tendinosos con poca cantidad de grasa. Las grasas muy blandas utilizadas para productos cárnicos cocidos solamente se escaldan. Los estofados de carne se preparan por este método y el agua de condensado se elimina por enfriamiento relámpago en cámara a vacío.

b. Grasas O aceites calientes

La transferencia de calor se realiza con convección y conducción a través del aceite caliente (150 a 190°C), temperaturas altas que producen pardeamiento, que confiere aroma, sabor y textura característicos de la carne frita. AGUA CALIENTE

A temperatura de ebullición (100°C S.N.M o a 90-92°C a ciudades altas como Quito). Es uno de los métodos más utilizados para la elaboración de embutidos cocidos con queso, patés y rellenas. Durante la cocción a elevadas temperaturas se produce pérdida de aroma y nutrientes como la tiamina.

2.10.3. Ventilación y generación de vapor interno

El término de generador de vapor está siendo utilizado en la actualidad para reemplazar la denominación de caldera, e indica al conjunto de equipos compuestos por: horno (u hogar), cámaras de agua(o evaporador), quemadores, sobre calentadores, recalentadores, economizador y precalentado de aire. (Lopez, 2008)

Las calderas son dispositivos de ingeniería diseñados para generar vapor saturado (vapor a punto de condensarse) debido a una transferencia de calor, proveniente de la transformación de la energía química del combustible mediante la combustión, en energía utilizable (calor), y transferirla al fluido de trabajo (agua en estado líquido), el cual la absorbe y cambia de fase (se convierte en vapor). El término de caldera ha sido por mucho tiempo utilizado y los dos términos se usan indistintamente. (Ver figura 14) Es común la confusión entre los términos de caldera y generador de vapor, pero la diferencia es que el segundo genera vapor sobrecalentado (vapor seco) y el otro genera vapor saturado (vapor húmedo).La producción de vapor a partir la combustión de combustibles fósiles se utiliza en todo tipo de industrias de transformación de materias primas y en las centrales termoeléctricas. (Lopez, 2008)

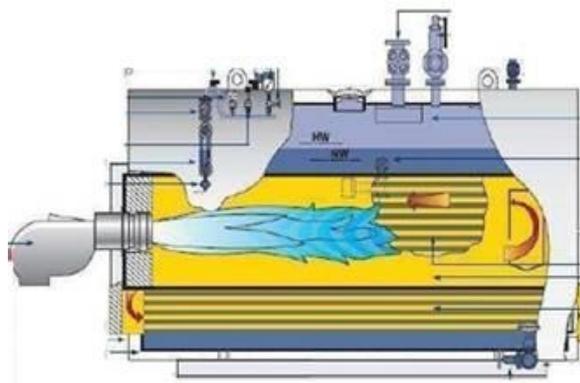


Figura 14 Túnel de Vapor

Fuente: (Lopez, 2008)

2.11. Automatización industrial

La Automatización Industrial es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, máquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana.

Lo que se busca con la Automatización industrial es generar la mayor cantidad de producto, en el menor tiempo posible, con el fin de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad.

2.11.1. La automatización industrial en la industria alimenticia.

El término industrias alimentarias abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios. En general, las materias primas utilizadas son de origen vegetal o animal y se producen en explotaciones agrarias, ganaderas y pesqueras.

Mayor utilización de una máquina, mejorando del sistema de alimentación.

Posibilidad de que un hombre trabaje con más de una máquina, coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente. Realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas. Procesos automáticos en cadena errada con

posibilidad de autocontrol. (Ver figura 15) La automatización de la Industria tiene por objeto; cumplir con los máximos niveles de exigencia en calidad que son:

Productividad.

Eficiencia.

Higiene.

Que el mercado y los consumidores exigen hoy en día



Figura 15 Cadena productiva

Fuente: (Planninguser, 2014)

a. Ventajas

Como se puede ver la automatización tiene grandes ventajas:

- Aumenta la productividad.
- Reduce costos.
- Mayor calidad en los productos.
- Mayor organización.
- Optimización de recursos.

- Seguridad para el personal e instalaciones.

b. Aplicación de la automatización en hornos industriales

La introducción de los robots ha sido facilitada por la técnica de organización y división del trabajo, sobre todo en la producción en masa, basadas en la mayor especialización, simplificación y repetitividad de las tareas productivas, lo que ha facilitado el diseño y programación de los robots.

Entre las principales aplicaciones no industriales de los robots, es necesario mencionar su utilización en plantas de energía nuclear, en la exploración submarina, la minería, construcciones, agricultura, medicina etc.

Las principales aplicaciones industriales son las siguientes:

Fundición en molde (die-casting). Esta fue la primera aplicación industrial.

Soldadura de Punto. Actualmente es la principal área de la presente generación de robot. Ampliamente utilizada en la industria automotriz. En promedio, este tipo de robot reduce a la mitad la fuerza laboral necesaria.

Soldaduras de Arco. No requiere de modificaciones sustanciales en el equipo de soldadura y aumenta la flexibilidad y la velocidad.

Moldeado por Extrusión. De gran importancia por creciente demanda de partes especializadas de gran complejidad y precisión.

Forjado (Forging). La principal aplicación es la manipulación de partes metálicas calientes.

Aplicaciones de Prensado (press work). Partes y paneles de vehículos y estructuras de aviones, electrodomésticos y otros productos metalmecánicos. Esta es un área de rápido desarrollo de nuevos tipos de robot.

Pinturas y Tratamiento de Superficies. El mejoramiento de las condiciones de trabajo y la flexibilidad han sido las principales razones para el desarrollo de estas aplicaciones.

Moldeado Plástico. Descarga de máquinas de inyección de moldes, carga de moldes, paletización y empaque de moldes, etc. Alta contribución al mejoramiento de las condiciones de trabajo, al ahorro de mano obra, a la

reducción del tiempo de producción, y al aumento de la productividad. El autómata programable y su interfaz gráfica en el proceso de operación de la industria alimenticia.

El autómata programable o controlador lógico programable (PLC) es un Sistema Industrial de Control Automático que trabaja, por medio de la ejecución de una secuencia de programa almacenada en memoria, capaz de realizar operaciones lógicas, aritméticas, de tiempo, de conteo, manejo de datos, etc. Es un sistema industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria. El uso del PLC es muy difundido en la industria, ya que su aplicación supone grandes ventajas sobre los sistemas de automatización con lógica cableada. Si al momento de realizar una aplicación para controlar un proceso, este cuenta con varios sensores de entrada, y la instalación es vulnerable de modificación por razones funcionales o de producción, como es el caso de esta tesis, resulta más rentable utilizar un PLC. Ingenieros y diseñadores de sistemas de control, coinciden en que si un sistema de control requiere más de cuatro relés es recomendable, tanto económica como funcionalmente, la utilización de un controlador lógico programable. El costo económico del controlador lógico programable se ve totalmente justificado si se considera que una modificación en un sistema de control que no contase con un PLC implicaría parada de producción, recableado, pruebas, puesta en marcha, verificación, etc.

2.12. Estructura del PLC

Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo usado para controlar. Este control se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa. (Ver figuras 16, 17, 18)

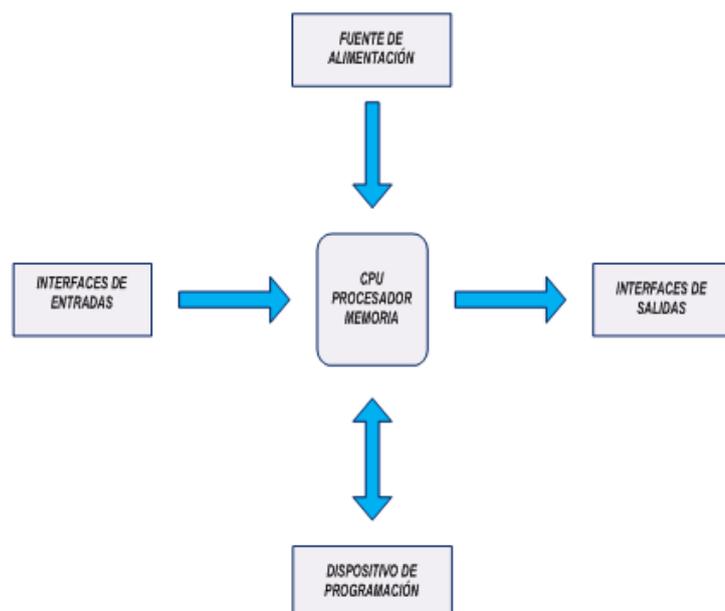


Figura 16 Estructura controlador lógico programable

Fuente: (Barreto, 2008)



Figura 17 Tablero de control.

Fuente: (Alvz, 2014))



Figura 18 Touch panel

Fuente: (Mecalux, 2015)

2.12.1. Características

Los P.L.C. se encuentran en la gran mayoría de las máquinas de proceso que se fabrican actualmente y, a veces disfrazados de tablillas electrónicas de control, pero siempre reduciendo en gran medida la mano de obra que requerían todos los tableros de control alambrados que hasta hace unos años eran omnipresentes en la industria y, en gran medida su gran difusión los ha abaratado tanto que aún en las operaciones más sencillas, el P.L.C. toma el lugar de temporizadores y contadores. Al alambrar un PLC se debe tener cuidado en emplear los cables con código de colores para evitar en lo posible cualquier error que pudiera ser muy costoso.

Las compañías fabricantes de máquinas usan el siguiente código de colores para los cables:

AZUL para circuitos de control en c.d.

ROJO para control en c.a.

VIOLETA y/o GRIS para entradas/salidas del PLC.

NEGRO en circuitos de fuerza

BLANCO en cables puestos a tierra en c.a. (neutro) y el VERDE/AMARILLO o solamente VERDE para la conexión a tierra.

2.12.2. Aplicaciones

Los aplicadores lógicos programables, son en esencia controladores de propósito general, siendo capaces de brindar soluciones integrales a cualquier proceso o maquinaria que sea susceptible a las aplicaciones de un control eléctrico.

- Empacado.
- Embotellado.
- Sistemas de seguridad.
- Generación eléctrica.
- Señalización y control.
- Almacenaje.
- Embazado.
- Lleno de botellas.

2.12.3. Ventajas

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos, ni simplificar las ecuaciones lógicas, ya que por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.

La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente se elimina parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores y distintos plazos de entrega.

- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de la mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento, los mismos autómatas pueden identificar y detectar averías.

- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómeta.

2.13. Producción

La producción es la actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, consiste en la creación de productos o servicios y al mismo tiempo la creación de valor, más específicamente es la capacidad de un factor productivo para crear determinados bienes en un periodo de tiempo determinado. Desde un punto de vista económico, el concepto de producción parte de la conversión o transformación de uno o más bienes en otros diferentes. Se considera que dos bienes son diferentes entre sí cuando no son completamente intercambiables por todos los consumidores.

El concepto económico de producción engloba un rango de actividades más amplio que el comprendido en el concepto genérico de producción del lenguaje corriente. Producción es la elaboración o la fabricación de los objetos físicos, pero también la provisión de servicios (médicos sanitarios, enseñanza; espectáculos; restaurantes; etc.). En la actualidad, los servicios constituyen la mayor parte de la producción total de los países industrializados. Así en un sentido económico, el término producción engloba todas aquellas actividades que no son estrictamente de consumo.

2.14. Proceso

Una organización es un conjunto formal de personas y otros recursos establecidos en función del cumplimiento de un conjunto de metas. Una organización se divide en departamentos responsables de llevar a cabo una porción de las actividades de un proceso. Esta cadena de departamentos enlazados permite la especialización, donde la tarea queda dividida en personas (desempeñando 1 o más roles) con habilidades específicas. Es así como las organizaciones establecen procesos de valor agregado para alcanzar sus metas mediante la explotación de oportunidades y la resolución de problemas.

A finales de 1990, se reconoció que una estructura jerárquica orientada funcionalmente era menos óptima desde la perspectiva del cliente porque tenía retrasos, al compararla con una estructura orientada a procesos. En un organigrama (estructura organizacional) la responsabilidad es el rol principal responsable por la ejecución del proceso, mientras que la autoridad es el rol responsable por validar la ejecución del proceso y el cumplimiento de su propósito. Existen diversos tipos de estructuras organizacionales: Tradicional, Por proyectos, Por equipos, Plana o multidimensional. (Ver figura 19)

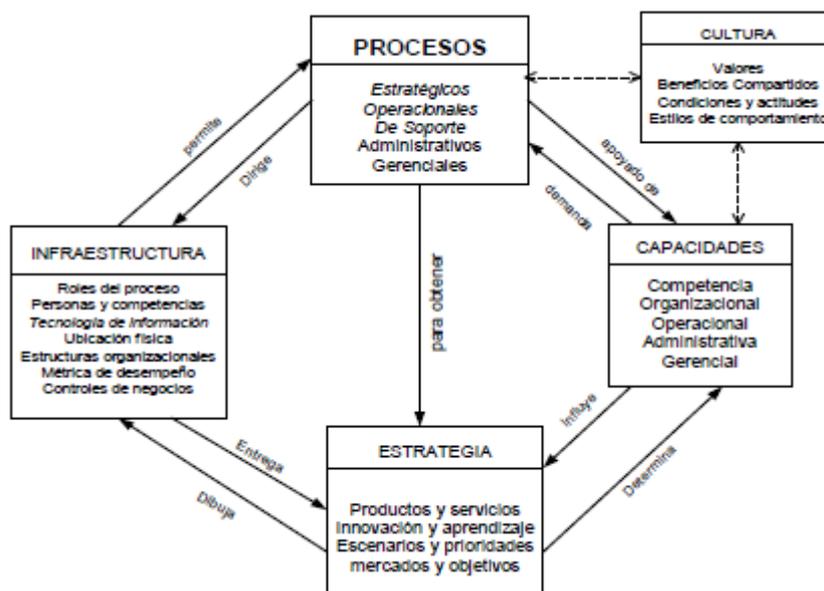


Figura 19 Proceso

Fuente: (Hesnandes, 2011)

La cultura es el conjunto de conocimientos y supuestos básicos que un grupo comparte. La cultura organizacional se compone de los conocimientos y supuestos básicos de una empresa u organización. Dichos conocimientos no suelen articularse ni documentarse en declaraciones o metas o políticas formales.

2.14.1. Proceso organizacional

- ¿Qué son los procesos organizacionales?
- Existen diversas definiciones para los procesos organizacionales, algunas de ellas son:
- Un conjunto de pasos parcialmente ordenado intentando alcanzar un objetivo (Feiler y Humphrey, 1993)
- La transformación de algo desde un estado hacia otro, por medio de agentes parcialmente coordinados, con el propósito certero de lograr objetivos que son derivados de la responsabilidad del encargado del proceso (Platt, 1994)
- Un orden específico de actividades de trabajo a través del tiempo y lugar, con un principio y un fin, y una identificación clara de entradas y salidas: una estructura para la acción (Davenport, 1993)
- La agrupación de acciones para un objetivo que son realizados por actores (Bauer et al., 1994)
- La colección de actividades que toman una o más clases de salida y crean una entrada que es de gran valor para el cliente (Hammer y Champy, 1993)
- Un conjunto de pasos del proceso parcialmente ordenados, con un conjunto de artefactos relacionados, recursos humanos y tecnológicos, estructuras organizacionales y limitaciones, intentando producir y mantener los requerimientos de software (Lonchamp, 1993)
- Todos los elementos del mundo real involucrados en el desarrollo y mantenimiento de un producto, por ejemplo: artefactos, herramientas de soporte a la producción, actividades, agentes, soporte al proceso (Conradi et al., 1994)
- Para referirse al estudio de los procesos organizacionales se emplean diversos nombres. Entre los más utilizados se encuentran:

- Reingeniería de negocios. Se refiere a la realización de cambios fundamentales en los productos o servicios que ofrece una organización.
- Reingeniería de procesos organizacionales. Este término hace énfasis en la forma de mejorar los productos o servicios [Hammer, 1990]. Se refiere a las mejoras graduales en el rendimiento y rediseño de los procesos, buscando maximizar los procesos de valor agregado y minimizar aquellos que no son de valor [Peppard y Rowland, 1996].
- Innovación de procesos. Un conjunto de actividades estructuradas, diseñadas para producir una salida específica para un cliente o mercado en particular [Davenport, 1993 y Harrington, 1991].

Todas las alternativas definidas anteriormente se centran en los procesos organizacionales, pero discrepan en el uso de herramientas, técnicas e innovación de los mismos. En este documento se utilizará el término ingeniería de procesos propuesto por Kawalek [1996], el cual se define como la colección de técnicas para el análisis, diseño y evolución de los procesos organizacionales basados en el uso del modelado de procesos. El modelado de procesos representa la colección de técnicas que son usadas para modelar el comportamiento de sistemas [Kawalek, 1996].

Las organizaciones son sistemas socio-técnicos complejos, ya que están compuestos por personas (aspecto social), tecnología (aspecto técnico) y dependencias de operatividad (formas en las que el personal y la tecnología se relacionan basados en la estructura del proceso) [Warboys et al., 1999].

En la figura 2, se muestra cómo la base principal de una organización se forma con la estructura del proceso, el aspecto social y la capacidad tecnológica [Peppard y Rowland, 1996]. La conjunción de estos tres aspectos, permite a la organización desempeñarse adecuadamente y obtener el éxito competitivo. Haciendo referencia a los elementos de la arquitectura estratégica presentada en la figura 1, se observa que la cultura y las capacidades de las personas constituyen el aspecto social, mientras que la infraestructura corresponde al aspecto técnico.

El aspecto social sólo puede funcionar bien en la medida que los procesos y la TI lo permitan. Similarmente, los procesos sólo pueden llevarse a cabo de acuerdo al nivel de habilidades, conocimientos y motivación del personal, así como el nivel de soporte que brinde la TI. Los elementos del aspecto técnico que se utilizan para apoyar a la estructura del proceso y al aspecto social, incluyen tecnología de información, telecomunicaciones, sistemas de software y ubicación física (fábricas, edificios, archivos, entre otros). Es importante que conforme aparezcan oportunidades o limitaciones tecnológicas, también se revisen los diseños relativos a los procesos y al aspecto social.

Los ingenieros que desarrollan software pueden tener las destrezas técnicas adecuadas para desarrollar los proyectos de software. El principal insumo de un proyecto de software lo constituye el recurso humano. Es importante conocer la destreza técnica, capacidad y experiencia de cada uno de los miembros del equipo de desarrollo. Desde el punto de vista técnico, la clave para el éxito de un proyecto de software en particular es obtener los requerimientos lo mejor posible y que se pueda definir la línea base para empezar a diseñar

2.14.2. La reingeniería de procesos

La Reingeniería de procesos dentro de las organizaciones está cuestionando la manera funcional de pensar y, haciendo que los procesos sean el enfoque principal de las organizaciones. Los procesos organizacionales cortan horizontalmente las áreas funcionales tradicionales y exigen un diseño que asegure un funcionamiento coordinado y eficiente del conjunto de actividades que las componen. Una forma de apoyar este diseño es a través de procesos organizacionales apoyados en la TI, los cuales hacen fluir las unidades de información, facilitan la coordinación y dan soporte a la realización de las actividades [Davenport, 1993].

Uno de los modelos más conocidos en el esquema de cadena de valor es el ideado por Michael Porter, quien definió dos tipos de actividades en las organizaciones: las que agregan valor o primarias y las actividades de apoyo. Los procesos se pueden considerar en conformidad con las dimensiones de escala y alcance. El alcance de un proceso se refiere al grado donde cruza

unidades organizacionales, es decir, departamentos o funciones. La escala del proceso dependerá de lo que se está llevando a cabo, que podrían ser un conjunto de tareas sencillas, o un conjunto sumamente complejo de actividades interrelacionadas.

Al examinar los procesos organizacionales se clasifican en un conjunto básico de procesos de alto nivel, mismos se consideran se aplican a todas las organizaciones:

- Los procesos estratégicos son aquellos mediante los cuales las organizaciones planean y desarrollan su futuro.
- procesos operacionales permiten que la organización lleve a cabo sus funciones normales del día a día.
- Los procesos de apoyo (Soporte) son aquellos que permiten que se lleven a cabo los procesos estratégicos y operacionales, como la administración de recurso humano o procesos contables.

Estos tres tipos de procesos pueden subdividirse en conjunto de subprocessos más detallados, y así sucesivamente, hasta llegar a un nivel de tarea individual. De esta manera, la reingeniería de procesos se refiere al rediseño de las actividades para obtener mejoras significativas en el rendimiento de sus estrategias haciendo uso de la tecnología de información adecuada y del personal capacitado o habilitado para ello, se muestra una arquitectura organizacional estratégica basada en la definición de Rohit [1996], la cual presenta una relación bidireccional de los procesos con la cultura, las capacidades y la infraestructura. Según [Gladwin, 1994] los procesos organizacionales (el proceso de desarrollo de software, la administración de proyectos, entre otros) se definen como el grupo de tareas lógicamente relacionadas que usan los recursos de una organización para dar resultados bien definidos como apoyo a los objetivos de la misma.

2.15. Productividad

La productividad se define como la relación que existe entre los recursos y los productos de un sistema productivo. Esto se refiere a la utilización eficiente e inteligente de los recursos al producir bienes y/o servicios.

Se mide como el cociente entre producción y recursos. Los recursos pueden ser: materia prima, capital, máquinas y herramientas

$$P_1 = \frac{\text{Producción (unidades, precios, cantidades)}}{\sum \text{recursos (H - H, H - M, unidades de material, S / .)}}$$

$$P = \frac{\text{Producción}}{\text{Costos de producción}}$$

2.15.1. Materia prima:

Elementos esenciales extraídos de la naturaleza para elaborar determinados productos. Recursos marinos, mineros, forestales, entre otros.

2.15.2. Mano de obra:

Es el trabajador industrial que, con su capacidad de creación, sus conocimientos y fuerza de trabajo, utiliza la materia prima, aprovecha el capital y la tecnología para dinamizar la fábrica y producir.

2.15.3. El capital:

Es el elemento fundamental para instalación y desarrollo de una industria. Mediante él se adquieren las materias primas, las maquinarias y se paga a los trabajadores.

2.15.4. Máquinas y herramientas:

Definido como el recurso tecnológico que transforma la materia prima en producto terminado.

Ejemplos de productos y recursos utilizados para la medición de la productividad:

Productos	Recursos
Número de clientes satisfechos	Horas de capacitación en servicio a clientes
Número de circuitos impresos producidos	Costo total de producción de los circuitos impresos
Número de páginas de informe Mecanografiadas	Horas de trabajo secretarial

La productividad mejora a mayor producción con los mismos insumos, o si se usa menos insumos con igual producción.

En el área de operaciones la productividad se ve afectada por todas las decisiones, incluyendo el diseño del proceso, la capacidad de producción, los inventarios y la fuerza de trabajo.

No se debe confundir productividad con producción, ya que ésta se refiere a la actividad de elaborar bienes o brindar servicios.

2.16. Eficiencia del proceso

La eficiencia del proceso de producción depende de la relación que existe entre la cantidad de insumos que se utiliza y la de productos que se obtiene en un período de tiempo determinado. De esta manera, la eficiencia aumenta cuando un proceso es capaz de producir un mayor volumen de producción empleando la misma cantidad de insumos; o cuando utiliza una menor cantidad de insumos para producir un mismo volumen de producción. Por ello, una forma efectiva de evaluar la eficiencia de un proceso es analizar el consumo específico de los diferentes insumos que emplea. El consumo específico expresa la cantidad de un insumo cualquiera (por ejemplo, materia o energía) que se consume por unidad de producto manufacturado. (Ver figura 20)



Figura 20 Eficiencia

Fuente: (S.E.P., 2013)

2.17. Definición operacional.

Identificación de variables.

En el proyecto se pretende generar un estudio sobre la influencia de la automatización en el proceso de producción de productos cárnicos, por tal razón ha sido menester identificar las variables que son sujetas de análisis.

- Cuantitativa discreta, que corresponde al volumen de producción en unidad de tiempo de la planta antes y después del proceso de automatización, de tal manera se determinará el objeto del estudio.
- Se considera una variable ordinal, aquella que refiere el índice de calidad del producto, esta deberá ser identificada en el mercado mismo mediante la interacción de un instrumento de investigación de la empresa y el cliente.
- A la vez existe una variable dependiente definida como la cantidad de producción en función al control automático del proceso, dado que antes de la automatización las tareas son en su mayoría manuales.

2.18. Hipótesis

¿La implementación de un sistema de automatización en un horno manual de productos cárnicos, en la Empresa ADITMAQ permitirá mejorar su nivel de productividad?

2.19. Cuadro de operacionalización de las variables

Tabla 5
Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	VALOR FINAL
Volumen de producción por unidad de tiempo	Permite medir la cantidad de producto producido por unidad de tiempo establecido para el estudio	Bajo	Es el nivel crítico de cantidad de producto que la planta es capaz de producir por unidad de tiempo, en función de la implementación de un proceso de automatización en el horno de cocción de cárnicos	Cantidad o porcentaje que representa el número de unidades en función del tiempo que la planta es capaz de producir	Numero	Del intervalo	0 hasta 30%
		Medio	Es el nivel medio de cantidad de producto que la planta es capaz de producir por unidad de tiempo, en función de la implementación de un proceso de automatización en el horno de cocción de cárnicos	Cantidad o porcentaje que representa el número de unidades en función del tiempo que la planta es capaz de producir	Numero	Del intervalo	0 hasta 65%
		Alto	Es el nivel alto y considerado máximo de cantidad de producto que la planta es capaz de producir por unidad de tiempo, en función de la implementación de un proceso de automatización en el horno de cocción de cárnicos	Cantidad o porcentaje que representa el número de unidades en función del tiempo que la planta es capaz de producir	Numero	Del intervalo	0 hasta 100%
Índice de calidad del producto	Permite la medición del nivel de conformidad del consumidor referente al producto desarrollado en el proceso de producción del cárnico.	Bajo	Es el nivel crítico de la conformidad que presenta un consumidor ante el producto generado.	Cantidad o porcentaje que representa el nivel de satisfacción del usuario sobre el producto generado	Numero	Del intervalo	0 hasta 30%
		Medio	Es el nivel medio de la conformidad que presenta un consumidor ante el producto generado.	Cantidad o porcentaje que representa el nivel de satisfacción del usuario sobre el producto generado	Numero	Del intervalo	0 hasta 65%
		Alto	Es el nivel alto y considerado máximo de conformidad del consumidor dirigido al producto generado mediante un proceso automatizado de horneado de cárnicos.	Cantidad o porcentaje que representa el nivel de satisfacción del usuario sobre el producto generado	Numero	Del intervalo	0 hasta 100%
Cantidad de unidades producidas versus la flexibilidad del control automático	Mide la cantidad de productos producidos en función a la versatilidad del control automático implementado en el sistema de horneado del proceso de cocción de cárnicos	Bajo	Es el nivel crítico de unidades producidas por determinado operario del sistema por unidad de tiempo	Cantidad o porcentaje que representa el número de unidades producidas con relación al sistema de control automático	Numero	Del intervalo	0 hasta 30%
		Medio	Es el nivel medio de unidades producidas por determinado operario del sistema por unidad de tiempo	Cantidad o porcentaje que representa el número de unidades producidas con relación al sistema de control automático	Numero	Del intervalo	0 hasta 65%
		Alto	Es el nivel alto y considerado máximo de cantidad de producto que se puede generar en función a la operación versátil del sistema de control de un horno automatizado	Cantidad o porcentaje que representa el número de unidades producidas con relación al sistema de control automático	Numero	Del intervalo	0 hasta 100%

CAPÍTULO III

3.1. AUTOMATIZACIÓN DEL HORNO

El objetivo del rediseño planteado en este trabajo es permitir el control y automatización del proceso de cocido de productos cárnicos, que se realiza en la planta ADITMAQ, localizada en la ciudad de Quito, Ecuador, la que se encarga de la producción de embutidos para consumo doméstico e industrial.

Una de las condiciones esenciales para que el embutido tenga las especificaciones necesarias son las condiciones de uso y sitio a que va a ser destinada.

El proceso de fabricación de embutidos se ve inmerso en controles de calidad muy fuertes, por lo que su automatización hará que se reduzca al mínimo el contacto humano con la materia prima así evitando la contaminación, y cumpliendo las normas de producción.

El proceso de cocción de embutidos es fundamental para determinar la calidad de los mismos y, considerando que la velocidad y exactitud en la cocción son factores importantes, en la elaboración de productos embutidos recurrir a un método de la automatización para lograr resultados satisfactorios y rápidos.

El control de estas variables se logra mediante un sistema conformado por sensores de temperatura, que entregan sus señales a módulos de entrada que hacen la conversión de la señal analógica en señal digital, fácilmente manipulable, y la entregan a una unidad PLC siemens Logo que se encarga de hacer las comparaciones respecto a los valores deseados y envía las señales a un sistema de actuadores que toman las medidas adecuadas para corregir los valores.

La interfaz con el usuario se hace a través de un panel de control siemens TD200C, que permite al usuario elegir y modificar los valores deseados para la temperatura y el tiempo, además de iniciar y detener el proceso cuando se considere adecuado y monitorear los valores de las variables en cualquier momento durante el proceso.

3.1.1. Dimensiones

Las dimensiones del horno antes del proceso de automatización son las siguientes, mismas que serán sujetas al proceso de rediseño. (Ver figura 21)

1.8m frente, 1.5m lado, 2.85m alto,

Carritos de 1m ancho x 1m profundidad x 2m alto.

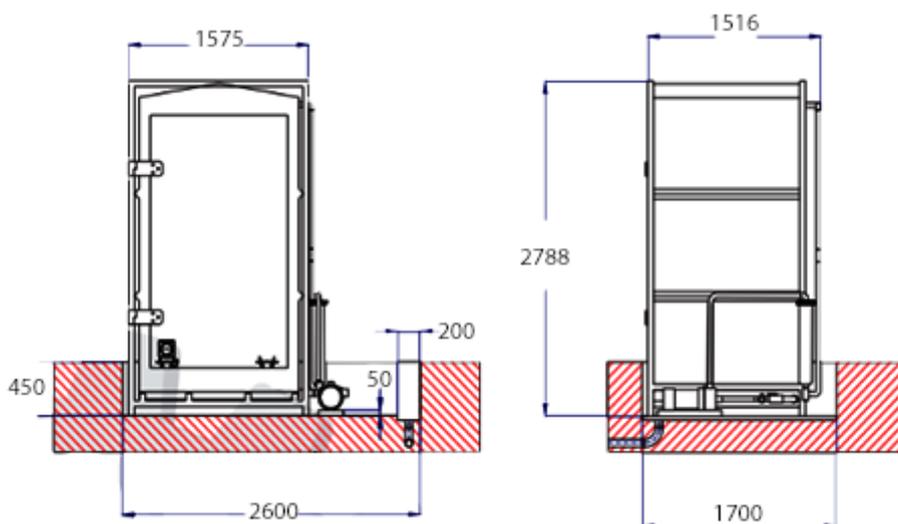


Figura 21 Diagrama del Horno

Fuente: (Citalsa, 2016)

3.1.2. Análisis previo al desmontaje de componentes

Previo al desmontaje se requiere un análisis completo de integridad así se evidencia el estado en el que se encuentra los diferentes componentes y elementos que conforman el horno para lo cual se realiza una minuciosa inspección visual obteniendo los siguientes resultados.

Partes de los elementos deberán ser reemplazados ya que por sus daños no aceptan reparación, sobre todo en lo que tiene que ver a chapas metálicas que están en contacto directo con la fuente de calor.

Se denota que la integridad externa del horno está en un buen estado, sin embargo, la interna requiere de mantenimiento y mejoramiento para que este

sistema sea afín a la adaptación en un mejor proceso de producción. Se procede al desmontaje del horno.

Tabla 6

Estado inicial.

Análisis Previo Al Desmontaje De Componentes				
Materiales	Comentarios	Buen estado	Reparación	Reemplazo
Placas laterales internas.		X		
Aislamiento.		X		
Placas laterales externas		X		
Chapa metálica en contacto en contacto con las niquelinas				X
Niquelinas			X	
Empaques		X		
Botoneras				X

3.1.3. Asignación de mantenimientos y modificaciones

Después de un análisis exhaustivo, se determina que: para una correcta automatización del proceso, la modificación en el horno se hace imprescindible para lo cual es necesario elementos como: PLC, contactores, sistema de protección a través de interruptor térmico, sistema de fuerza que para esta función lo cumplirían los contactores, se requiere también de sensores térmicos, se considera la posibilidad de que se utilice un PT 100, para la salida de datos el sistema ameritará de un touch panel, además de indicadores y alarmas que serían sirenas y botoneras led.

3.2. Análisis para el rediseño e implantación de componentes

Con el afán de optimizar tiempos y recursos, para los procesos industriales, la automatización juega un importante papel mediante el cual, se simplifican procesos complejos, en los cuales el hombre efectúa el trabajo aún si este

involucra peligro para los operadores, esta estrategia genera la posibilidad de mejoramiento del equipo.

Actualmente el equipo cuenta con:

1. Botonera
2. Control manual
3. Luces de paro
4. Tablero de control.
5. Elementos de protección.

El estado de situación actual permite el proceso de automatización desde los siguientes puntos de vista técnicos

1. Existencia en el mercado nacional
2. Compatibilidad del nuevo componente con el sistema del horno manual
3. Características de la red energética

3.2.1. Cálculo de potencia

Se lo realiza mediante el cálculo de resistencias metálicas. La potencia máxima que puede disponerse en el interior de un horno con resistencias metálicas depende de la temperatura máxima y de la disposición que se adopte para las mismas. La (figura 22) señala dicha potencia máxima para cuatro disposiciones típicas: (Uniovi, 2006)

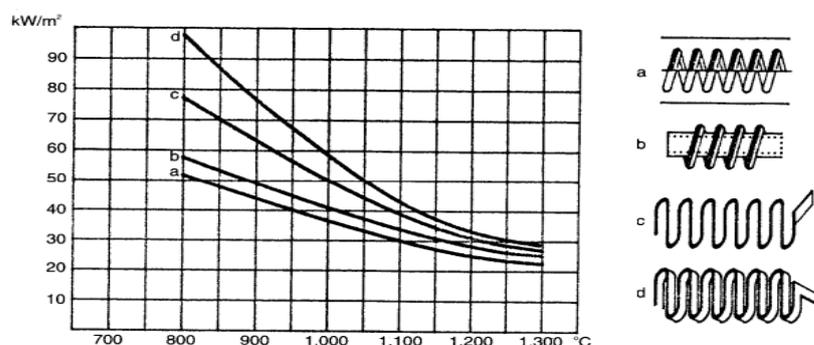


Figura 22 Potencia específica máxima en hornos

Fuente: (Uniovi, 2006)

- (a). - Alambre arrollado en espiral o pletina ondulada sobre ranuras.
- (b). - Alambre arrollado en espiral sobre tubos cerámicos.
- (c). - Alambre ondulado y dispuesto verticalmente con soportes de gancho.
- (d). - Pletina ondulada y dispuesta verticalmente con soportes de gancho.

Si se conoce la potencia del horno, se puede determinar la superficie mínima requerida para instalar las resistencias. Si es posible, se dispondrán únicamente en las paredes laterales del horno, pero, si es necesario, se puede ampliar a otras superficies (bóveda, solera, puerta, etc.) hasta conseguir la superficie requerida. (Uniovi, 2006)

Las fórmulas generales que permiten calcular las resistencias son:

- 1.- Resistencia eléctrica a 20 °C de longitud 1 cm:

Alambre de diámetro d cm

$$R_{20} = \rho \frac{4L}{\pi d^2} \Omega$$

Pletina de sección $a \times b$ cm^2

$$R_{20} = \rho \frac{L}{ad^2} \Omega$$

Donde ρ es la resistividad en $\Omega \cdot cm$.

- 2.- Resistencia eléctrica a la temperatura T °C de las resistencias:

$$R_T = C_t R_{20} \Omega$$

Donde C_t es el coeficiente de resistividad de las tablas 2.3.2 y 2.3.4 (Ver anexo B) para aleaciones Ni-Cr y Fe-Cr-Al, respectivamente.

- 3.- Superficie radiante de las resistencias:

- Alambre de diámetro d cm.

$$A_c = \pi dL \text{ cm}^2$$

- Pletina de sección $a \times b \text{ cm}^2$

$$A_c = 2(a + b)L \text{ cm}^2$$

Un parámetro fundamental en las resistencias, es la carga específica que, para las condiciones de disposición de las mismas, determina la diferencia de temperatura entre las resistencias y la carga a calentar en el interior del horno. Para las mismas disposiciones de la (figura 22) se indica, en la (figura 23), la carga específica en función de la temperatura del horno para las aleaciones Fe-Cr-Al (22-6) y Ni-Cr (80-20), que son las más utilizadas en hornos de alta temperatura. (Uniovi, 2006)

Se deduce que:

$P = A_c p W = c$ donde p es la carga específica en W/cm^2 .

$P = A_c p W$ donde p es la carga específica en W/cm^2 .

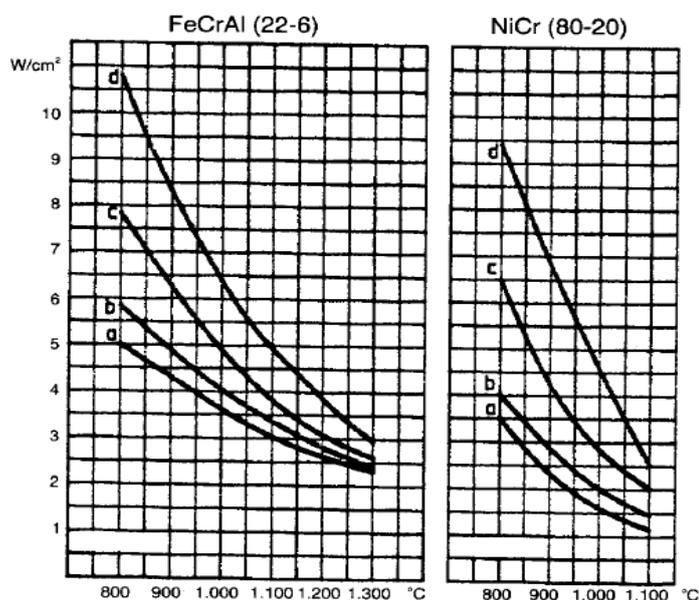


Figura 23 Carga Especifica.

Fuente: (Uniovi, 2006)

3.2.2. Cargas específicas máximas de la resistencia.

4.- Relación $20 A_c R$ $\frac{A_c}{R_{20}}$

Aplicando la fórmula: $P = I^2 R_t$ se deduce:

$$\frac{A_c}{R_{20}} = \frac{P}{R_{20\rho}} = \frac{I^2 R_t}{R_{20\rho}} = \frac{I^2 C_t}{\rho} = \frac{P^2 C_t}{V^2 \rho} (\text{cm}^2/\Omega)$$

Para cada aleación Ni-Cr o Fe-Cr-Al el fabricante facilita tablas que brindan, para diferentes diámetros de alambre o secciones de pletina, el valor de $\frac{A_c}{R_{20}}$. Por ejemplo, para la aleación Fe-Cr-Al (22-5) y diámetro 5 mm, se indican los siguientes valores:

- Resistencia por metro a 20 °C: $0.0708 \Omega/m$.
- Superficie óhmica a 20 °C: $2220 \text{ cm}^2/\Omega$.
- Peso: 140 g/m.
- Superficie por metro: $157 \text{ cm}^2/m$.
- Sección transversal: 0.196 cm^2 .

5.- Eliminando la longitud entre las dos expresiones siguientes:

$$P = I^2 R_t = \left\{ I^2 = \frac{V^2}{R_t^2} \right\} = \frac{V^2}{R_t} = \frac{V^2}{C_t R_{20}}$$

$$P = \rho A_c$$

Alambre de diámetro d (cm):

$$\rho = \frac{V^2}{C_t R_{20}} = \frac{V^2}{C_t \rho \frac{4L}{\pi d^2}} = \frac{\pi d^2 V^2}{4L C_t \rho}$$

$$P = \rho A_c = \rho \pi d L \rightarrow L = \frac{P}{\pi \rho d}$$

Resultando:

$$P = \frac{\pi d^2 V^2}{4 L C_t \rho} = \frac{\pi d^2 V^2}{4 C_t \rho \frac{P}{\pi \rho d}} = \frac{\pi d \pi^2 d^2 V^2}{4 C_t \rho P}$$

Luego:

$$P^2 = \frac{\pi d \pi^2 d^2 V^2}{4 C_t \rho} \rightarrow P = \frac{\pi}{2} V \sqrt{\frac{\rho d^3}{C_t \rho}}$$

Pletina de sección axb (cm²):

$$P = \frac{V^2}{C_t R_{20}} = \frac{V^2}{C_t \frac{\rho L}{ab}} = \frac{ab V^2}{L C_t \rho}$$

$$P = \rho A_c = 2 \rho (a + b) L \rightarrow L = \frac{P}{\rho (a + b)}$$

De donde:

$$P^2 = \frac{2 \rho (a + b) ab V^2}{C_t \rho} \rightarrow P = V \sqrt{\frac{2 \rho ab (a + b)}{C_t \rho}}$$

En hornos eléctricos es frecuente la conexión directa de las resistencias a la red a 110 ó 220 V, lo que en circuitos en estrella o en triángulo permite tener en cada rama de las resistencias 127, 220 V. Para los diámetros y secciones más normales de resistencias se dispone de tablas para cada aleación y carga específica (función básicamente de la temperatura del horno y de la disposición de las resistencias adoptada) que indican la potencia, longitud requerida y peso de la resistencia a 110 o 220 V. (Uniovi, 2006)

Despejando el diámetro, resulta:

$$P = \frac{\pi}{2} V \sqrt{\frac{\rho d^3}{C_t \rho}} = \frac{\pi}{2} V d \sqrt{\frac{\rho d}{C_t \rho}}$$

Elevando al cuadrado:

$$P^2 = \frac{\pi^2}{4} V^2 d^2 \frac{\rho d}{C_t \rho} \rightarrow P^2 = \frac{\pi^2}{4} V^2 \frac{\rho}{C_t \rho} d^3 = \frac{4 C_t \rho P^2}{\pi^2 V^2}$$

Y finalmente:

En pletinas, la relación entre $n = \frac{a}{b}$ suele estar comprendida entre:

$$P = V \sqrt{\frac{2pab(a+b)}{C_t \rho}} = \left\{ b = \frac{a}{n} \right\} = V \sqrt{\frac{2pa \frac{a}{n} \left(a + \frac{a}{n} \right)}{C_t \rho}} = V \sqrt{\frac{2pa^3 (n+1)}{n^2 C_t \rho}} = aV \sqrt{\frac{2pa(n+1)}{n^2 C_t \rho}}$$

Elevando al cuadrado y operando:

$$\left(\frac{P}{V} \right)^2 = a^2 \frac{2pa(n+1)}{n^2 C_t \rho} \rightarrow a^3 = \left(\frac{P}{V} \right)^2 \frac{n^2 C_t \rho}{2(n+1)p} \rightarrow a = \sqrt[3]{\left(\frac{P}{V} \right)^2 \frac{n^2 C_t \rho}{2(n+1)p}}$$

Finalmente:

$$a = K_a \sqrt[3]{\left(\frac{P}{V} \right)^2 \frac{C_t \rho}{p}} \quad \text{com} \quad K_a = \sqrt[3]{\frac{n^2}{2(n+1)}}$$

$$b = \frac{a}{n}$$

Y como

$$b = \frac{1}{n} \sqrt[3]{\left(\frac{P}{V} \right)^2 \frac{n^2 C_t \rho}{2(n+1)P}} = \sqrt[3]{\left(\frac{P}{V} \right)^2 \frac{n^2 C_t \rho}{2n^3(n+1)p}} = \sqrt[3]{\left(\frac{P}{V} \right)^2 \frac{1 C_t \rho}{1n(n+1)p}}$$

Y finalmente:

$$b = K_b \sqrt[3]{\left(\frac{P}{V} \right)^2 \frac{C_t \rho}{P}} \quad \text{com} \quad K_b = \sqrt[3]{\frac{1}{2n(n+1)}}$$

Los valores de a/b, k_a y k_b son los siguientes:

$N = a/b$	5	7,5	10	12,5	15
$K_a =$	1,277	1,49	1,657	1,795	1,916
$K_b =$	0,255	0,199	0,166	0,144	0,128

3.2.3. Cálculo de la temperatura suministrada

La cantidad total de calor suministrado por el sistema, es igual a la cantidad de calor absorbido por la carga más las pérdidas de calor producidas durante el tiempo que dura un ciclo de trabajo, la cantidad de calor total suministrado por el sistema se calcula con la Ec..

$$Q = m * C_e (T_2 - T_1)$$

Siendo:

Q= calor

m= masa

C_e = calor específico

$\Delta T = (T_2 - T_1)$ = diferencia de temperatura.

3.2.4. Cálculo para la cantidad de calor suministrada por la carga.

La Potencia Eléctrica, es la energía eléctrica W_e que suministra un generador al circuito eléctrico, esta depende de la cantidad de carga que lo atraviese. Dado que la fuerza electromotriz de un generador representa la energía que suministra al circuito por cada unidad de carga que lo atraviesa, se podrá escribir:

$$W = I.R.T$$

La potencia P de un generador representa la energía eléctrica que cede al circuito por unidad de tiempo.

Al igual que la potencia mecánica, la potencia eléctrica se expresa en watts (W).

$$P = I^2 R$$

3.2.5. Diseño y cálculo para resistencias eléctricas

ρ =resistividad eléctrica (microhms/cm)

R= resistencia de elemento a 20 °C (ohms)

d= diámetro del alambre

t= espesor de la cinta (mm)

l= longitud de la cinta o alambre (m)

a= área de la sección transversal de la cinta o alambre (mm^2)

Ecuación para el cálculo de alambre redondo.

$$a = \frac{\pi d^2}{4}$$

Ecuación para cinta

$$a = t * b = (b - t) + (0.786 * t^2)$$

$$R = \frac{\rho * l}{a} * 0.01 \quad (ohms)$$

La cinta es un elemento de calefacción y ofrece una gran zona de injerencia mediante una radiación térmica excelente. Esto da como resultado el hecho de que con la resistencia del metal cambia la temperatura. (wire, 2010)

La siguiente ecuación se utiliza para el cálculo de la resistencia eléctrica de la temperatura de operación (ver tabla 7) . (wire, 2010)

$$R = \frac{R_t}{F} (ohms)$$

Donde:

F=factor de resistencia-temperatura

R_t =resistencia del elemento a la temperatura.

R=resistencia del elemento a 20 °C

Tabla 7

Factor de resistencia

Aleación	Factor resistencia-temperatura (F) a:												
	20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	1100 °C	1200 °C
RW80	1.00	1.006	1.015	1.028	1.045	1.065	1.068	1.057	1.051	1.052	1.062	1.071	1.080

Fuente: (wire, 2010)

3.2.6. Cálculo numérico de resistencias

La ley de Ohm describe matemáticamente la relación entre voltaje, corriente y resistencia en un circuito. La ley de Ohm se expresa en tres formas equivalentes según qué cantidad se requiera determinar. Como se verá, la corriente y el voltaje son linealmente proporcionales. Sin embargo, la corriente y la resistencia son inversamente proporcionales. (G., Patricio G. Aguirre, 2003)

$$I = \frac{V}{R}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = I \times R$$

Donde, empleando unidades del Sistema internacional de Medidas, se define como:

I = Intensidad en amperios (A)

V = Diferencia de potencial en voltios (V)

R = Resistencia en ohmios (Ω).

3.2.7. Análisis y cálculo por pérdidas térmicas

Las pérdidas de calor se pueden clasificar en:

- a. Pérdidas de calor a través de las paredes.
- b. Pérdidas por el calor almacenado en el revestimiento.
- c. Pérdidas por puentes térmicos, cuando en un aislamiento se colocan materiales de mayor conductividad térmica, pero de poca sección.
- d. Pérdidas por aberturas, ranuras, etc., que se presentan en puertas, ejes de ventilador, juntas de vigas, dinteles de separación entre zonas, etc.
- e. Pérdidas de calor por elementos refrigerados por agua. 6.- Pérdidas por infiltración de aire. (Ver figura 24)

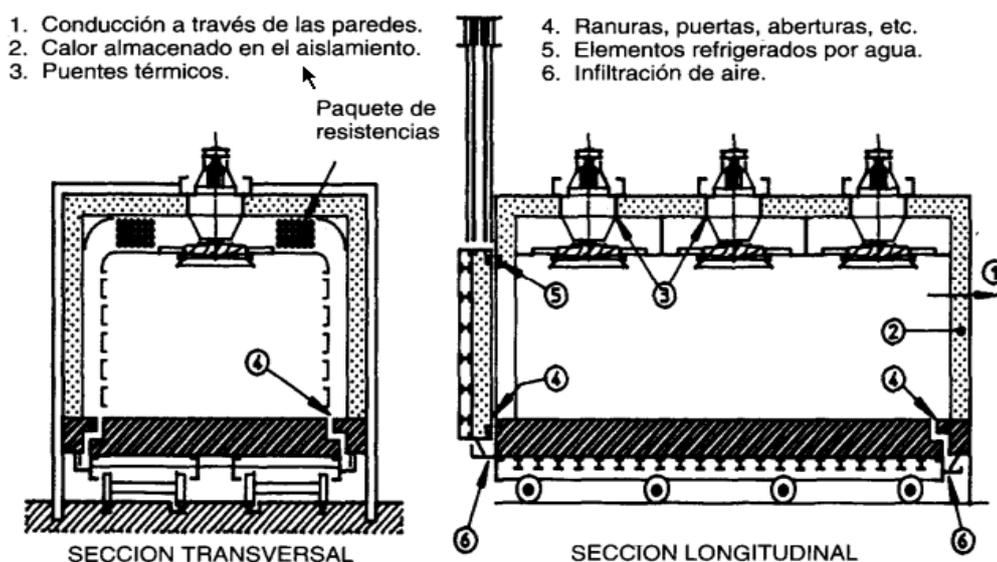


Figura 24 Análisis de pérdidas.

Fuente: (Uniovi, 2006)

3.2.8. Análisis para el reemplazo del empaque

El sellador idóneo para la compuerta del horno, las condiciones del empaque o sello de vinilo del horno se verifican por inspección visual y se determina que no requiere cambio, aún más cuando se fundamenta en el hecho de los procesos de mantenimiento que se han generado en la empresa que hicieron posible pensar que no es necesario el cambio de este elemento. (Ver figura 25)



Figura 25 Empaques de horno.

Fuente: (investigador)

3.2.9. Análisis del material aislante térmico

El sistema de condensación de temperatura del horno tiene como material principal lana de vidrio, la que proviene de una fibra mineral que se fabrica con millones de filamentos de vidrio unidos con un aglutinante. Este material entre sus propiedades evita la pérdida o ganancia de temperatura de un sistema, haciéndolo idóneo para equipos de refrigeración y hornos. (Ver figura 26)



Figura 26 Lana de vidrio.

Fuente: (Kaefer, 2015)

Las propiedades de la lana de vidrio interesantes para el desarrollo de este proyecto son las siguientes:

- Resistencia Térmica.
- Absorción Acústica.
- Incombustible.
- Suavidad para una aplicación fácil.
- Liviandad.
- Libre de putrefacción.
- No nocivo para el medio ambiente. (G., Patricio G. Aguirre, 2003)

3.3. Selección de dispositivos actuadores

Los actuadores son elementos que generan el movimiento de otros elementos según las órdenes dadas por la unidad de control.

Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado, modificando los estados de un sistema. Su función es generar el movimiento de los elementos según las órdenes dadas por la unidad de control. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar un elemento

final de control, transformando la energía de entrada en energía de salida utilizable para realizar una acción.

Los actuadores generan una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica o gaseosa, por este motivo se requieren dispositivos que realicen funciones de fuerza, movimiento, estabilidad, control de fluidos, temperatura o señales de alarma. (Equipo y laboratorio, 2015)

3.4. Selección de dispositivos de automatización y control

Para lograr el adecuado proceso automático del horno se ha programado según parámetros de rediseño, los siguientes elementos:

- PLC LOGO
- Sensor
- Actuador
- Elementos de protección
- Contactores
- Temporizador

El PLC

La selección de los dispositivos de automatización para el horno de acuerdo con las necesidades es el PLC logo el que cumple con las necesidades y exigencias del proceso, existe para el caso un conjunto completo en el que se encuentran: sensores, pulsadores y actuadores.

El PLC es un módulo lógico, es decir, un controlador programable que permite que, sin intervención humana, las máquinas hagan un trabajo. Pero la palabra clave e importante condición es que es programable mediante un software denominado LOGO Soft.

El funcionamiento básico del LOGO Soft consiste en dar como datos de entrada una serie de señales, las cuales van a ser procesadas en el programa, y para que el elemento PLC genere datos de salida. (Ver figura 27)

Esto en el mundo real se traduce en puntos, señales, etc (datos de entrada), el procesamiento en el LOGO y la activación o no de salidas de relé (datos de salida). (Siemens LOGO, 2014)

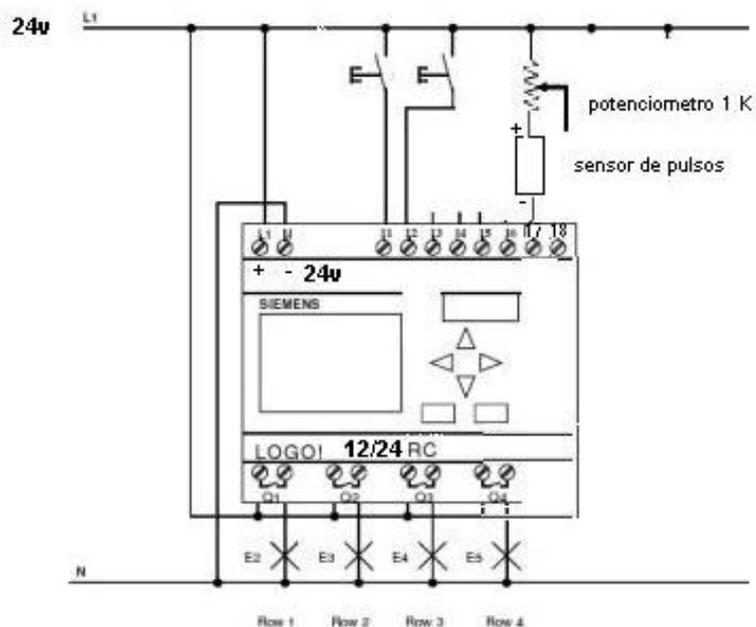


Figura 27 Cableado de logo

Fuente: (Siemens LOGO, 2014)

Sensor

Es el dispositivo que toma lecturas del ambiente como pueden ser: temperatura, luminosidad, humedad, velocidad del viento entre otras, magnitudes físicas. Las transforma en pulsos para que el (PLC) las procese de acuerdo con la programación y se tome decisiones de acuerdo con la programación para el caso se utilizara una PT100 que es un sensor de temperatura.

Características de las sondas PT100

La PT100 es un sensor de temperatura que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. Este sensor PT100 es el corazón sensible a la temperatura de cualquier termómetro de resistencia. Aparte de la forma de montaje, son sus características las que básicamente determinan las propiedades técnicas de medida del sensor. El incremento de la resistencia de la PT100 no es lineal, pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. Normalmente las sondas PT100 industriales se fabrican encapsuladas en la misma forma que los termopares, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina). En un

extremo está el elemento sensible (Sensor RTD) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal, ver figura 28) (SCR sistemas de regulacion, 2016)



Figura 28 Sensor PT100

Fuente: (SCR sistemas de regulacion, 2016)

Actuador

Es aquel periférico de salida que en el sistema de automatización ocupa el puesto de “actuar” para que el trabajo se complete dando lugar a la automatización requerida o bucle del proceso. Para el caso este puesto es ocupado por las niquelinas que entregan la temperatura necesaria para el proceso y a su vez está controlada a través de un contactor. (Ver figura 29)



Figura 29 Niquelinas

Fuente: (Elcom, 2014)

Contactador

Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa

dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". (Ver figura 30)

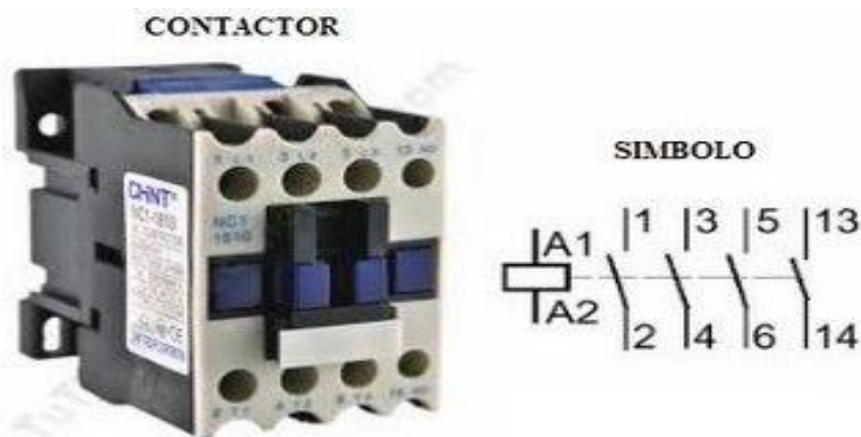


Figura 30 Contactor

Fuente: (Molina, 2014)

Temporizador

Los temporizadores se comportan de forma parecida a los relés, pero tienen un control de tiempo para retardar el funcionamiento de algo, hacer que funcione con tiempos de marcha y paro, o retrasar la desconexión de algo. Se pueden activar por alimentación o por pulsador, según la necesidad del circuito (Ver figura 31)



Figura 31 Temporizadores.

Dispositivos de seguridad.

Las protecciones de sobrecarga: Se utilizan para proteger los dispositivos de una sobrecarga, esta sobrecarga puede ser por cortocircuitos que cortan el normal funcionamiento y eleva las temperaturas en el sistema. Puede darse por sobrecalentamiento del sistema de distribución a su vez caídas de voltaje, una mala operación del dispositivo, etc.

Se utilizan las protecciones para proteger los dispositivos eléctricos y personal de operación.

Funcionamiento. Cuando existe una sobrecarga en el dispositivo eléctrico se eleva la temperatura entre las terminales del sistema (cableado), logrando así la dilatación de las protecciones de sobrecarga abriendo o cerrando el contacto de sobrecarga de las protecciones, deshabilitando al dispositivo eléctrico. (Ver figura 32)

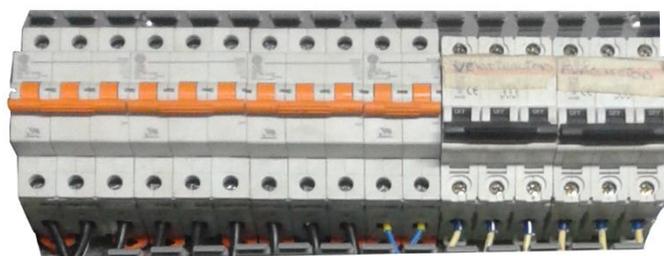


Figura 32 Dispositivos de seguridad

3.5. Implementación de dispositivos y elementos

Para la implementación de los dispositivos en el horno de embutidos se hizo necesaria, una reestructuración de algunos de los sistemas como es el caso del accionamiento, además en la estructura para dar paso al acople de los diferentes equipos de esta manera contribuyendo a la automatización del proceso de cocción.

La colocación de un armario de elementos útil para la instalación de los contactores, el PLC, el temporizador, interruptores etc., con su cableado respectivo, permitió que el horno vaya tomando forma automatizada.

3.5.1. Selección de equipos para el control de temperatura

Entre los equipos que existen en el mercado para toma de datos de temperatura, uno de los más confiables viene siendo el PT100 no solo por su eficacia sino por su robustez, además por ser uno de los más manejables y su rápido obtención en el mercado. La PT100, (RDT) es un dispositivo térmico resistivo el cual varia su resistencia de acuerdo a la temperatura, de este modo se puede calcular la temperatura, como una escala se toma que, en 0°C , se tiene una resistividad de $100\ \Omega$. Se toma en cuenta que los valores de resistividad, son inversamente proporcionales a la temperatura.

a. Análisis para el manejo de señales analógicas

Todas las señales analógicas están en la naturaleza y se presentan ya sea con magnitudes físicas que por lo general portan una señal eléctrica como es el caso de la intensidad, la tensión, y la potencia, pero pueden ser hidráulicas como es el caso de la presión, térmicas etc.

Todas las señales ON, son utilizadas para transmitir información a través de pulsos eléctricos. (Ver figura 33)

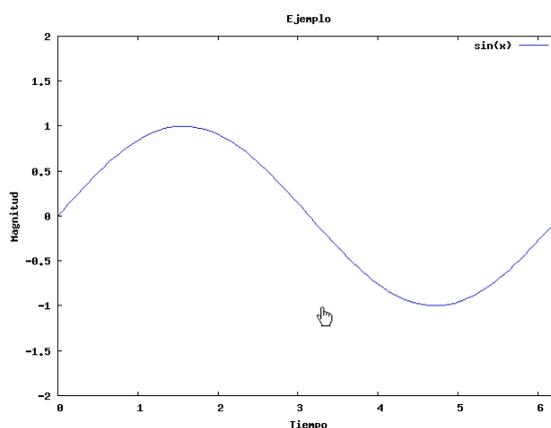


Figura 33 Señal variable en el tiempo

Fuente: (Uniovi, 2006)

Todas las señales en la naturaleza son analógicas y las percibimos como sonido, luz, temperatura, fluidos, etc. Son variables que tienen una relación continua en el tiempo.

Una onda sinusoidal es una señal analógica de una sola frecuencia. Los voltajes de la voz y del video son señales analógicas que varían de acuerdo con el sonido o variaciones de la luz que corresponden a la información que se está transmitiendo.

b. Elementos que intervienen en el cesado de temperatura

Para el cesado de la entrega de temperatura intervendrán los siguientes elementos; como uno de los parámetros es el tiempo de cocción actuará uno del temporizador del PLC el cual actuará sobre un contactor, otro de los parámetros tomados en cuenta es la temperatura por lo que en este caso intervendrá un sensor de temperatura PT100, un potenciómetro regulará la entrega de temperatura por parte de las níquelinas.

c. Elementos que intervienen en el control de temperatura

El control es un proceso cíclico y repetitivo. Está compuesto de cuatro elementos que se suceden:

1. Establecimiento de estándares: Es la primera etapa del control, que define los estándares o criterios de evaluación o comparación. Un estándar es una norma o un criterio que sirve de base para la evaluación o comparación de alguna cosa. Existen cuatro tipos de estándares; los cuales se presentan a continuación:
 - Estándares de cantidad: Como volumen de producción, cantidad de existencias, cantidad de materias primas, números de horas, entre otros.
 - Estándares de calidad: Como control de la calidad de la materia prima recibida, control de calidad de producción, especificaciones del producto, entre otros.

- Estándares de tiempo: Como tiempo estándar para producir un determinado producto, tiempo medio de existencias de un producto determinado, entre otros.
 - Estándares de costos: Como costos de producción, costos de administración, costos de ventas, entre otros.
2. Evaluación del desempeño: Es la segunda etapa del control, que tiene como fin evaluar lo que se está haciendo.
 3. Comparación del desempeño con el estándar establecido: Es la tercera etapa del control, que compara el desempeño con lo que fue establecido como estándar, para verificar si hay desvío o variación, esto es, algún error o falla con relación al desempeño esperado.
 4. Acción correctiva: Es la cuarta y última etapa del control que busca corregir el desempeño para adecuarlo al estándar esperado. La acción correctiva es siempre una medida de corrección y adecuación de algún desvío o variación con relación al estándar esperado. (Roberto I. salvatierra Z., 2010)

d. Selección de sensores de temperatura

Para seleccionar el sensor de temperatura escogimos el pt100 ya que es uno de los más robustos y confiables además que son fáciles de usar.

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal, pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. (Ver figura 34)

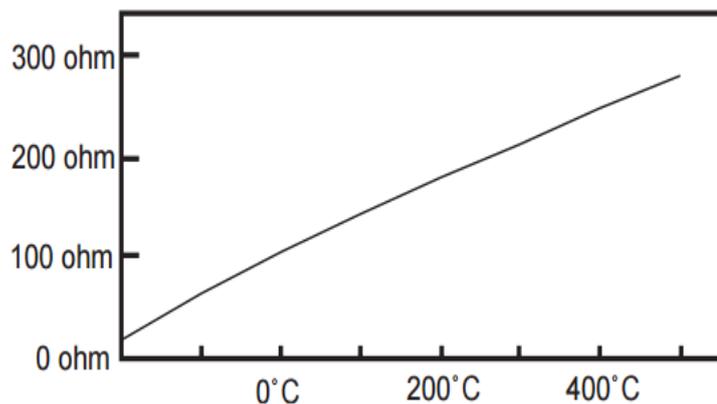


Figura 34 Curva característica PT100

Fuente: (datasheet pt100, s.f.)

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo)

Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

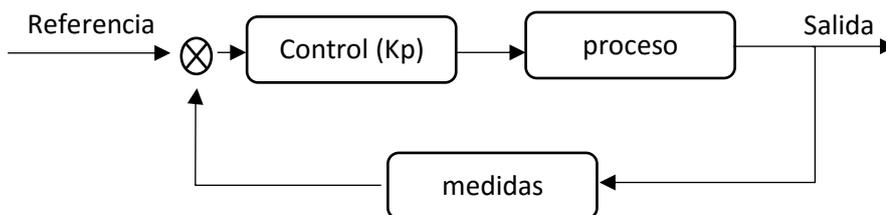
Por otra parte, los Pt100 siendo no tan rígidos como las termopilas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que a Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. (datasheet pt100, s.f.)

PARA LA APLICACIÓN DEL CONTROL PID

El control PID es uno de los fundamentos esenciales y más utilizados en lo que tiene que ver a la automatización de los procesos está comprendido por el control proporcional, el control integral y el control derivativo.

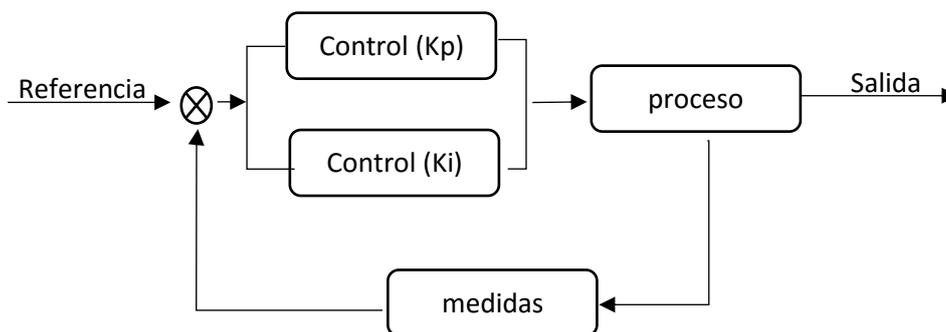
Control proporcional es aquel que da énfasis a los errores actuales.



Esquema de control

$$e = Ref - y(k)$$

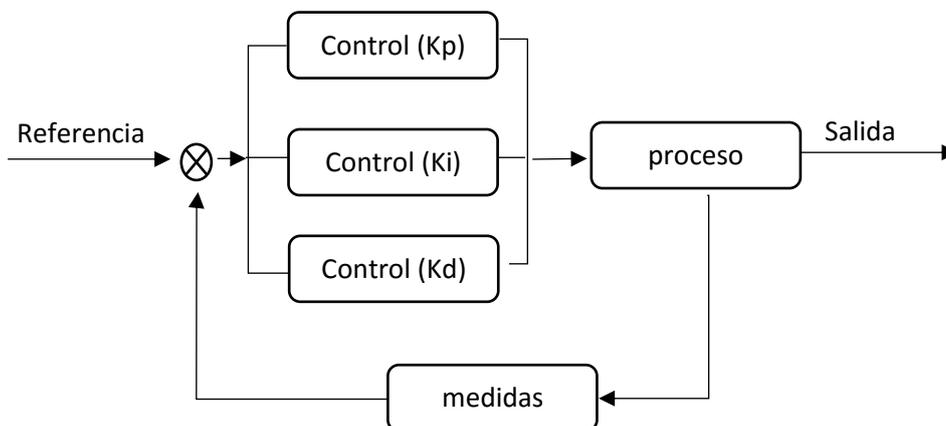
Control integral es aquel que da énfasis a los errores pasados.



Esquema de control

$$e(k) = e(k).T + e(k-1)$$

Control derivativo es aquel que da énfasis a los errores futuros.



Esquema de control

$$\frac{de(t)}{dt} = \frac{e(k_{i+1}) - e(k_i)}{T}$$

3.6. Diseño de red lógica cableada y diagrama eléctrico de control.

El diseño del cable se da de la siguiente manera. Revisar en la (figura 35)

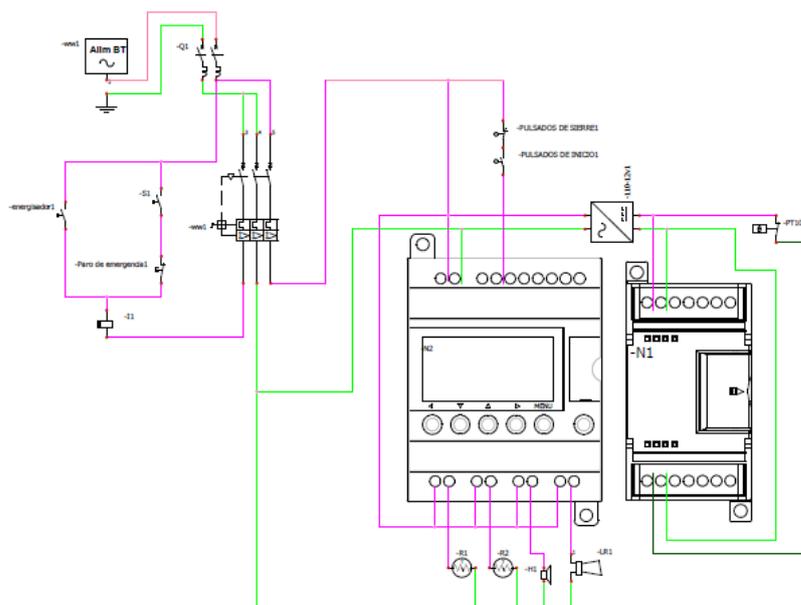


Figura 35 Diagrama Eléctrico de control

3.7. Características de la interfaz de control HMI

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (HMI), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo".

La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una "máquina" (la lámpara), sino una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades. Por ejemplo, programar un robot para que encienda la luz sería demasiado complicado y un interruptor en el techo no sería práctico para una luz en un sótano. (Copadata, 2015)

3.8. Características del software de ingeniería para la edición de programas de automatización

¡LOGO! Soft Comfort – (LOGO!Soft).

Esto permite la creación de programas de usuario mediante la selección de las respectivas funciones y su conexión a través de arrastrar y soltar. Esto se aplica al diagrama de bloques de función y diagrama de escalera.

Se ha comprobado que es útil programar paso a paso el programa de conmutación y simularlo y probarlo en el PC sin conexión. Este enfoque evita la solución de problemas que requiere mucho tiempo en todo el programa.

Los tiempos cortos de la configuración se consiguen creando sus propios macro bloques en los cuales las piezas frecuentemente recurrentes del programa se almacenan en una biblioteca de la macro.

También es posible: Una prueba en línea durante la operación.

¡Por último, pero no menos importante, LOGO! Soft Comfort proporciona documentación profesional con toda la información necesaria del proyecto, como programas de conmutación, comentarios y ajustes de parámetros.

3.8.1. Edición del software para el PLC, y control PID

Todo PLC tiene su propio software para programarlos, estos tienen amplias configuraciones tales como dar las instrucciones necesarias para que el PLC haga tenga un determinado comportamiento (Por ejemplo, si la entrada A esta en alto la B también deba estarlo), o instrucciones de configuración de comunicación del PLC.

Mediante este sistema de comunicación el sistema PID de que es el sistema de control proporcional, integral y derivativo pueden encontrar la ruta adecuada para la interfaz HMI y un correcto sistema de control. En este caso se utilizará el logo Soft (Siemens LOGO, 2014)

El diagrama de flujo de la programación se en cuentan en los anexos.

3.9. Asignación de direcciones ip para el PLC y terminal HMI

Primero es necesario obtener una dirección IP tomando en cuenta que esta es única por lo tanto se debe empezar por los siguientes pasos

DIRECCIÓN IP

MÁSCARA DE SUBRED

DIRECCIÓN DE GATEWAY.

Estos pasos son para obtener la dirección de red, se necesita configurar el logo! Para lo cual se debe seguir el siguiente proceso.

1. Conmute LOGO! a modo de programación.

```
>Programar..
Tarjeta..
Config..
Inicio
```



```
>Red..
Diagnóst..
```

①

2. Pulse ▲ o ▼ para desplazar el cursor ">" a "①".
3. Pulse OK para confirmar "①".

```
>Direcc. IP
Fijar modo
```

②

4. Pulse ▲ o ▼ para desplazar el cursor a "②".
5. Pulse OK para confirmar "②". LOGO! mostrará la siguiente vista:

```
Dirección IP 1
169. 254. 045.
002
```

Poner la dirección que nos ha suministrado el administrador de red.

Figura 36 Paso para obtener IP

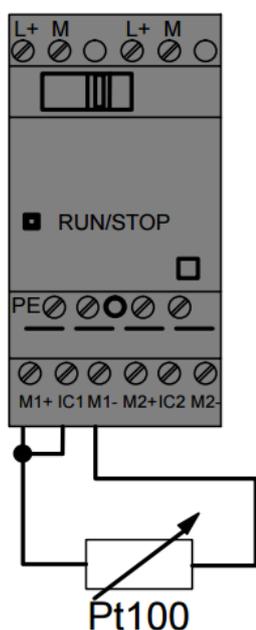
Fuente: (Siemens LOGO, 2014)

3.10. -Comunicación pc – dispositivo de automatización

Siendo una serie de puertos que sirven para la comunicación entre dispositivos u ordenadores conocidos como periféricos estos puertos son los que se anclan para poder tener comunicación directa.

Puede conectar al módulo una termo resistencia Pt100 alternativamente con técnica de conexión a 2 ó 3 hilos. Si selecciona la técnica de conexión a 2 hilos, deberá aplicar en el módulo un puente de cortocircuito entre los bornes M1+ y IC1 o entre M2+ y IC2. En este tipo de conexión no se produce una corrección del fallo provocado por la resistencia óhmica del cable de medición. (Ver figura 37) 1 de resistencia equivale a un fallo de medición de +2,5°C. El tipo de conexión a 3 hilos anula la influencia de la longitud del cable (resistencia óhmica) en el resultado de medición. (Siemens, 2013)

Técnica de conexión a 2



Técnica de conexión a 3 hilos

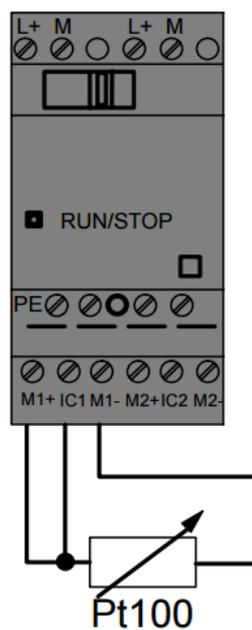


Figura 37 Técnicas de conexión

Fuente: (Siemens LOGO, 2014)

CAPÍTULO IV

4.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA.

Actualmente, La fábrica de embutidos ADITMAQ ha venido realizando sus labores y creciendo como empresa sin contar con una estructura de automatización definida y acorde con las funciones que desempeñan, por consiguiente, no existe una producción sustancial y la coordinación ha sido uno de los procesos internos que desarrolla la empresa en la que se tiene que tratar una mejora.

La Empresa de fábrica de embutidos, requiere de un proceso de estructuración para la automatización, que se inicie con el fin de diseñar un proceso más eficiente, desde el punto de vista estructural y capaz de realizar una serie de funciones destinadas a lograr los objetivos y metas de La Empresa. Debido al proceso mismo de automatización, surgen cambios y movimientos en la organización de La Empresa a manera de adecuarla y actualizarla para que cumpla con las condiciones actuales de la misma.

4.1.1. Ubicación planta en estado anterior

Las ubicaciones que se manejan en la planta de procesos es desde un punto de vista del empresario comodidad suya como se muestra en el planos de distribución inicial.

Ver en tabla 1.

4.2. Factor que incida en la producción de embutidos.

Entre los factores que inciden en la producción en la planta de producción son los tiempos que se demora cada uno de los procesos.

4.2.1. Tiempos de preparación

Que consta de un tiempo promedio de: 4.58 horas

4.2.2. Tiempos de molienda

Que consta de un tiempo promedio de: 12 min

4.2.3. Tiempos de cocido

Que consta de un tiempo promedio de: 60 min

4.2.4. Tiempos de transporte

Que consta de un tiempo promedio de: 76 min

4.3. Áreas de trabajo dispuestas.

Las áreas de trabajo dispuesta en la planta son.

- Área de acopio.
- Área de clasificación.
- Área de molienda.
- Área de embutidos.
- Áreas de acopio de productos para cocción.
- Área de cocción de productos.
- Área de enfriamiento de productos.
- Área de control de calidad.
- Área de empaque.
- Áreas de almacenamiento de productos terminados. (bodega)

4.4. Normas ergonómicas de trabajo.

“UNE-EN ISO 6385:2004.” Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo

Esta norma establece los principios fundamentales de la ergonomía, en forma de directrices básicas para el diseño de sistemas de trabajo, y define los términos básicos más relevantes. (Ministerio de trabajo, 2009)

Además, proporciona un enfoque integrado para el diseño de los sistemas de trabajo, en el que los ergónomos cooperarán con otras personas involucradas en él, prestando especial una atención equilibrada a lo humano, a lo social y a los requisitos técnicos. (Ministerio de trabajo, 2009)

Aunque está orientada al diseño de sistemas del trabajo, los principios que proporciona son aplicables a cualquier campo de actividad humana, por ejemplo, en el diseño de productos para las actividades domésticas y de ocio. (Ministerio de trabajo, 2009)

Como principio general la norma plantea que:

En el proceso de diseño deben considerarse las interacciones más importantes entre la persona o personas y los componentes del sistema de trabajo, tales como las tareas, el equipo, el espacio de trabajo y el ambiente. (Ministerio de trabajo, 2009)

Además, considera esencial que los trabajadores participen de manera activa en todas las fases del diseño en las que fuera posible, ya que su experiencia contribuirá a evitar soluciones poco óptimas. (Ministerio de trabajo, 2009)

Además, recomienda proyectar el sistema de trabajo para un amplio rango de la población objeto del diseño, incluyendo a personas con necesidades especiales. (Ministerio de trabajo, 2009)

Otro aspecto interesante son los principios que incluye para organizar las tareas, de manera que se reduzca la carga de trabajo.

“UNE-EN 614-1:2006+A1:2009.” Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico.

Parte 1: Terminología y principios generales.

Esta norma europea establece los principios ergonómicos a tener en cuenta durante el proceso de diseño de las máquinas.

Se refiere a las interacciones entre los operadores y las máquinas durante la instalación, operación, preparación, mantenimiento, limpieza, desmontaje, reparación y transporte del equipo y resume los principios a considerar para tener en cuenta la salud, la seguridad y el bienestar del operador. (Ministerio de trabajo, 2009)

Proporciona un marco que abarca una gama de normas sobre ergonomía más específicas, así como, otras normas también aplicables al diseño de máquinas. Los principios ergonómicos enunciados en esta norma europea son aplicables a todo el ámbito de las características y capacidades humanas con el objeto de asegurar la salud, la seguridad y el bienestar, así como, el comportamiento global del sistema. Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 614-1:2006. (Ministerio de trabajo, 2009)

“UNE-EN 614-2:2001+A1:2008.” Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo.

Esta norma europea establece los principios ergonómicos y los procedimientos a seguir durante el proceso de diseño de las máquinas y de las tareas del operador.

Aunque la norma aborda especialmente el diseño de las tareas en el marco del proyecto de las máquinas, los principios y métodos que se describen pueden aplicarse también al diseño del trabajo. Está dirigida a los proyectistas y fabricantes de máquinas y otros equipos de trabajo.

También puede ser de utilidad para las personas relacionadas con su uso, por ejemplo, directivos de empresa, encargados de la organización, operadores y supervisores.

En esta norma el término proyectista o diseñador hace referencia a la persona o grupo de personas responsables del diseño.

En esta parte de la norma UNE-EN 614, se dan principios para el diseño de las tareas, entre los que figuran:

Identificar la experiencia, capacidades y habilidades de la población de operadores existente o prevista.

Asegurar que las tareas desarrolladas sean identificables como unidades de trabajo completas y significativas, con un principio y un final claramente definidos.

Prever la aplicación de una variedad apropiada de habilidades, capacidades y actividades.

Proporcionar al operador un grado adecuado de libertad y autonomía.

Evitar toda sobrecarga o insuficiencia de carga de trabajo del operador, que pueda dar lugar a una innecesaria o excesiva tensión o fatiga, o a errores.

Evitar la repetitividad, que puede dar lugar a trastornos físicos, así como, a sensaciones de monotonía, saturación, aburrimiento o insatisfacción.

Evitar el trabajo en solitario, sin posibilidad de contactos sociales y funcionales para el operador. (Ministerio de trabajo, 2009)

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 614-2:2000.

4.5. Elección de la alternativa para mejorar la producción.

Considerando las normas y el espacio planteado para el proceso de fabricación de embutidos en la Compañía ADITMAQ

4.5.1. Diseño de la planta nueva.

Después de un estudio de movimientos la planta de fabricación de embutidos adquiere mayor movilidad y rapidez se propone la siguiente ubicación.

Ver en la tabla 2.

4.5.2. Automatización horno.

La automatización del horno es parte neurálgica del proceso de automatización de la planta de fabricación de embutido, por lo que se ha tomado en cuenta dos de los aspectos fundamentales, como son el control de la temperatura y el control de los tiempos de cocción, los cuales al ser exactos

proporcionan además de una perfecta cocción un incremento en la calidad y una disminución sustancial en los tiempos de producción.



Figura 38 Horno de embutidos



Figura 39 Cajonera

Tabla de Ingresos mensual

	Ciclos de producción al mes	Cantidad de producto por ciclo (Kg)	Precio de producto por (Kg)	Ingresos al mes en dólares
Situación actual	35	100	4,5	15750
Situación final	42,7	100	4,5	19215

Materia Prima e Insumos por Ciclo

	Cantidad en (Kg)	Precio por (kG)	total
Carne	70	2	140
Harinas	27,2	0,5	13,6
Saborizantes	1	5	5
Esencias	0,5	10	5
Conservantes	0,4	30	12
Gastos mecánicos y energéticos	1	10	10
TOTAL INVERSIÓN POR CICLO			185,6
Mensual (situación actual) 35 ciclos			6496
Mensual (situación final) 42,7 ciclos			7925,12

CUADRO DE CALCULO DE TIR - VAN													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VENTAS		19215	19215	19215	19215	19215	19215	19215	19215	19215	19215	19215	19215
- GASTOS VARIABLES		11085,1	11085,1	11085,1	11085,1	11085,1	11085,1	11085,1	11085,1	11085,1	11085,1	11085,1	11085,1
.=CONTRIBUCION MARGINAL		8130	8130	8130	8130	8130	8130	8130	8130	8130	8130	8130	8130
-GASTOS FIJOS		5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100
- INTERESES		60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42
- DEPRECIACION		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.= UTILIDAD A DE IMPUESTOS		2969	2969	2969	2969	2969	2969	2969	2969	2969	2969	2969	2969
- IMPUESTOS (15%)		37,12	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12
.= UTILIDAD NETA		2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932
FLUJOS DE EFECTIVO													
UTILIDAD NETA		2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932	2932
.+ DEPRECIACION		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- PAGOS A CAPITAL		60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42	60,42
- INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO		5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.+ REC. DE CAPITAL DE TRABAJO		0	0	0	0								5000
.= FLUJO NETO DE EFECTIVO	-5000	-2128	2872	7872									

TIR (tasa interna de retorno)	32,1973%
VAN (14,5 %) (valor actual neto)	\$7.907,86

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Se estableció los parámetros iniciales de funcionamiento de la planta, información necesaria, que permitió establecer la factibilidad y posterior proyección de la automatización de los procesos de producción de los embutidos, así como identificar los componentes requeridos.

Se determinó que las variables más críticas del proceso de automatización de la planta para la fabricación de embutidos son el control de la temperatura y el tiempo de cocción. El control se logró mediante un sistema conformado por sensores de temperatura, que entregan sus señales a módulos de entrada que hacen la conversión y la entregan a un PLC siemens Logo que realiza comparaciones respecto a los valores deseados y envía las señales a un sistema de actuadores que toman las medidas adecuadas para corregir los valores

La implementación del sistema de automatización en el proceso de producción involucró realizar la redistribución de los puestos de trabajo, lo que permitió la reducción en el tiempo total del proceso de fabricación en un lote de embutidos, de 4,58 horas a 3,72 horas, reduciéndose en un 18,77% el tiempo total del proceso.

La automatización y mejoras en el horno de cocción permitió disminuir el tiempo de cocción de 60 min (en el horneado manual) a 35 min (en el horneado automatizado), que representa una reducción del 58.33% siendo la actividad que mayor tiempo lleva de entre las que conforman el proceso de elaboración de embutidos.

Se estableció que el diagrama de recorrido de la planta es el método de comparación para identificar la variación de los parámetros entre el sistema anterior y el sistema automatizado implementado.

La producción siendo unos de los énfasis más tomados en cuenta en el tema de investigación, es uno de los parámetros con mayor variación

alcanzando una optimización del 122% quedando demostrado que se obtiene un 22% más de producción.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda realizar un estudio más profundo de los diferentes puestos de trabajo que permitan identificar que actividades se puedan mejorar, para que el proceso de elaboración de embutido sea aún más eficiente y más óptimo y así aprovechar la automatización del horno de cocción.

Se recomienda antes de montar una empresa el respectivo estudio de ingeniería para el correcto funcionamiento de la planta de producción de este modo se garantizará un fluido proceso evitando tiempos muertos y pausa.

Se recomienda una constante capacitación de los empleados para un correcto control de operaciones en las instalaciones de este modo controlar posibles accidentes y mala manipulación de los equipos.

Se recomienda aplicar un adecuado plan de mantenimiento a la infraestructura y maquinaria con lo cual quedaría reducido a lo más mínimo los paros por cuestiones técnica que afectan a la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alimentación., M. D. (1989). Recuperado el 21 julio del 2016. Obtenido de: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1989_04.pdf.

Obtenido de PRINCIPIOS BÁSICOS DE ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS.

Alvz, A. (2014). Recuperado el 26 junio del 2016 Obtenido de: <https://adrianaalvz.files.wordpress.com/2014/03/2.png>. Obtenido de Sampling Rate .

Araceli Corona Escamilla, J. A. (2016). *modulo de aprendizaje*. México, D.F.: editorial Grijalbo México.

Arquigrafico. (2016). Recuperado el 12 agosto del 2016 Obtenido de: <http://www.arkigrafico.com/lana-de-vidrio-como-aislante-termico-y-acustico/>.

Obtenido de Lana de Vidrio como Aislante Térmico y Acústico.

Barreto, B. (2008). Recuperado el 18 septiembre del 2016 Obtenido de: <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml#ixzz3rcV0ewO>. Obtenido: de Controles programables.

Citalisa. (2016). Recuperado el 18 septiembre del 2016. Obtenido de: http://www.citalisa.com/files/ahumador_de_carros_ci_talsa_09401001.pdf.

Obtenido de Horno.

Copadata. (2015). *Interfas hombre máquina* . Recuperado el 17 octubre del 2016. Obtenido de: <https://www.copadata.com/es-mx/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>.

datasheet pt100. (s.f.). Recuperado el 15 marzo del 2016. Obtenido de: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>.

Diamore S.A. (2016). Recuperado el 06 febrero del 2017. Obtenido de: <http://www.diamoresa.com.ar/Blindadas.html>. Obtenido de calefactor.

Elcom. (2014). Recuperado el 07 enero del 2017. Obtenido de: www.elcomresistencias.com. Obtenido de Tipos de productos.

Equipo y laboratorio. (2015). *Actuador*. Recuperado el 27 abril del 2016. Obtenido de: http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=5181.

Festo. (2013). Recuperado el 04 febrero del 2017. Obtenido de: https://www.festo.com/rep/es_es/assets/pdf/FOOD_manual_materials_es.pdf. Obtenido de Materiales.

Foussats, A. F. (2003). *Calor específico Calorimetría*. Recuperado el 15 marzo del 2016. Obtenido de: <http://www.15dejuniomnr.com.ar/blog/apunteca/Ciclo%20Basico/Fisica%20II/Termodinámica/Calor%20especifico%20y%20Calorimetria.pdf>.

Francis W. Sears, G. L. (1978). *Termodinámica teoría cinética y termodinámica estadística*. California: Editorial Reverté, S. A.

G., Patricio G. Aguirre. (2003). *Diseño construcción y automatización de un horno*. Recuperado el 07 enero del 2017. Obtenido de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8301/1/AC-ESPEL-EMI-0255.pdf>.

Gómez-Acebo, T. (2002). *Termodinámica: notas de clase*. NAVARRA: 1ra edición.

Herrera. (2014). Recuperado el 18 septiembre del 2016. Obtenido de: http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/tema_3/tp3a.pdf. Obtenido de CONTROL DE PROCESOS.

Hesnandes, D. (2011). Recuperado el 18 mayo del 2016. Obtenido de: <http://www.monografias.com/trabajos81/bsc-y-gestion-empresarial/bsc-y-gestion-empresarial2.shtml>. Obtenido de El Balance.

Horno de resistencia, H. d. (2006). Recuperado el 05 julio del 2016. Obtenido de www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.HornosResistencia.RESISTENCIA S.CALENTAMIENTO.pdf.

Kaefer. (2015). Recuperado el 21 julio del 2016. Obtenido de: http://www.cl.kaefer.com/Lana_de_Vidrio.html. Obtenido de Lana de vidrio.

Lacan, R. (28 de octubre de 2014). Recuperado el 26 junio del 2016. Obtenido de: <https://prezi.com/5wn3egrixpc-/un-pid-es-un-mecanismo-de-control-por-realimentacion-que-cal/>. Obtenido de control.

López, C. (2008). Recuperado el 18 mayo del 2016. Obtenido de: <http://www.monografias.com/trabajos93/descripcion-del-funcionamiento-generador-vapor/descripcion-del-funcionamiento-generador-vapor.shtml>. Obtenido de descripción del fundamento de un generador de vapor.

Martha Marie Day, E. A. (2003). Recuperado el 06 febrero del 2017. Obtenido de <http://www.visionlearning.com/es/library/Ciencias-Generales/3/Temperatura/48>. Obtenido de "Temperatura" Visionlearning .

Mecalux. (2015). Recuperado el 01 enero del 2017. Obtenido de: <https://www.logismarket.es/ip/rofin-baasel-espana-soldadura-por-laser-pantalla-tactil-e-interfaz-grafico-del-usuario-430587-FGR.jpg>. Obtenido de: Industrial dirección.

Ministerio de trabajo, n. d. (2009). *técnicas sobre principios ergonómicos*. Recuperado el 06 marzo del 2016. Obtenido de: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Generalidades/Promocionales%20a%20Contenido/Normativa%20legal%20y%20tecnicaPrincipios%20ergonomicos/NormasTecnicasPrincipiosErgonomicos.pdf>. Ministerio de trabajo España.

Molina. (2014). Recuperado el 27 abril del 2016. Obtenido de: <http://profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm>. Obtenido de Contactor.

muller, E. A. (2002). *Termodinámica Básica*. Caracas, Venezuela: 2 edición.

Naya, J. M. (2015). Recuperado el 26 junio del 2016. Obtenido de: <http://www.juliomartineznaya.com/hornos-industriales-resistencias-electricas-tipos-y-usos/>. Obtenido de Fabricante de Resistencias Eléctricas Industriales.

Planninguser. (18 de noviembre de 2014). Recuperado el 18 mayo del 2016 Obtenido de <http://planningmanufacturing.com/blog/2014/11/18/preactor-simatic-it-y-el-big-data-como-estrategia-de-la-industria-alimentaria/>. Obtenido

de: la industria alimenticia oculta el bin data como estrategia de su proceso productivo.

publico, S. R. (2014). Recuperado el 07 enero del 2017. Obtenido de: <http://primaria5.blogspot.com/2014/02/transferecia-de-calor.html>. Obtenido de "Transferencia de calor".

Roberto I. salvatierra Z. (2010). *Elemento de contro*. Obtenido de: Recuperado el 18 mayo del 2016 obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009d/618/Elementos%20del%20Control.htm>.

S.E.P., C. (2013). Recuperado el 12 agosto del 2016. Obtenido de: <http://capitalsep.com/quienes-somos/valores>. Obtenido de valores .

SCR sistemas de regulacion. (2016). *Sensor de temperatura*. Recuperado el 18 mayo del 2016 obtenido de <http://srcsl.com/que-es-un-sensor-pt100>.

Siemens LOGO. (2014). *General PLC logo*. Obtenido de: <http://siemenslogo.com/que-es-un-siemens-logo/>.

Simens. (2013). *manual*. Recuperado el 01 enero del 2017. Obtenido de: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf.

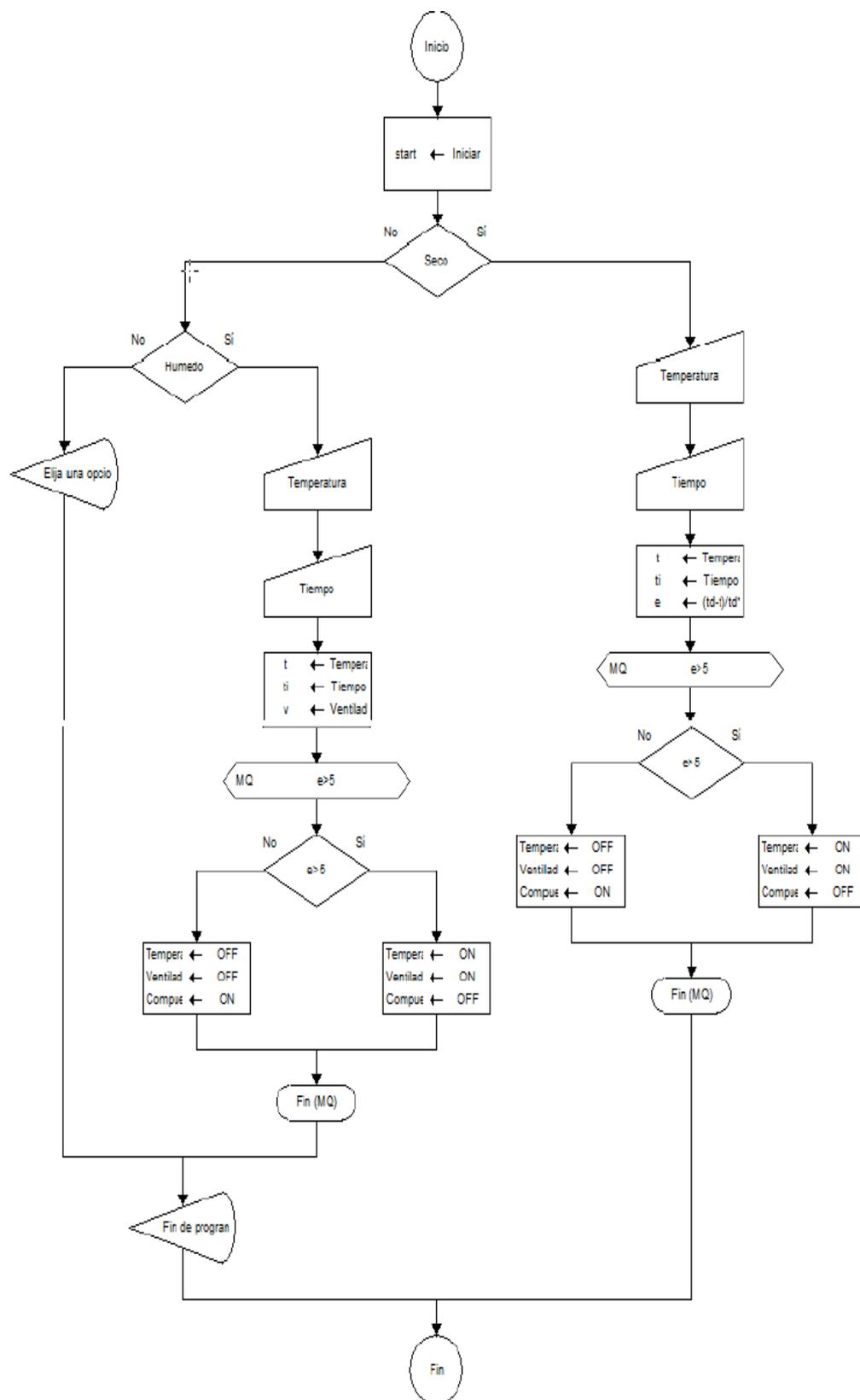
Sltalsa. (2016). Recuperado el 18 septiembre del 2016. Obtenido de: <http://www.citalsa.com/ciproducts/1/559#firstproduct>. Obtenido de horno.

Uniovi. (2006). Recuperado el 07 enero del 2017. Obtenido de: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.HornosResistencia.RESISTENCIAS.CALENTAMIENTO.pdf>. Obtenido de: RESISTENCIAS.CALENTAMIENTO.

wire, A. (2010). Diseño y cálculo de elementos calefactor.

Zacarias, V. (2015). Recuperado el 04 febrero del 2017. Obtenido de: <http://tratamientotermicomexico.blogspot.com/2015/02/medicion-de-temperatura-en-tratamiento.html>. Obtenido de Tratamiento térmico.

ANEXOS



Anexo B-1

Situación actual del horno

Pag. 2-14











LS CONTACTOR 12A

AC3 IEC	EN 60947	VDE 0660	BS 5424	GB 14048	K60947
	60947	60947	0660	5424	14048 4 -4.1
V AC	240	440	550	690	
kW	3.5	5.5	7.5	7.5	
A	13	12	12	9	

AC1=Ith=25A U_i=690V U_{imp}=6kV

CE **UL** LISTED 6T21 INC. CONTEQ **SA**

This Device is a Direct Replacement to NEMA SIZE 0

	1PH		3PH			
V AC	120	240	208	240	480	600
UL HP	3/4	2	3	5	7.5	10

Continuous current 25A Aux. Cont. A600 P600
 When protected by 20A time delay fuses
 Short circuit 5kA RMS Sym. 600V Max. Break all lines
 AWG 16-10 60/75°C Cu-wire only

PD104021000C2DAMI101 120104
 Torque: 20 lb.in.
MADE IN KOREA
 Inspected By H.S.J

LS AUX. UNIT(보조접점유닛)

UA-2

JISC4531 IEC60947 VDE0660

AC15		DC13		Ith=16A A600 Q600 60/75°C Cu-wire only
Ue(V)	Ie(A)	Ue(V)	Ie(A)	
120	6	125	0.55	
240	3	250	0.27	
380	1.9	400	0.15	
480	1.5	500	0.13	
500	1.4	600	0.1	
600	1.2			

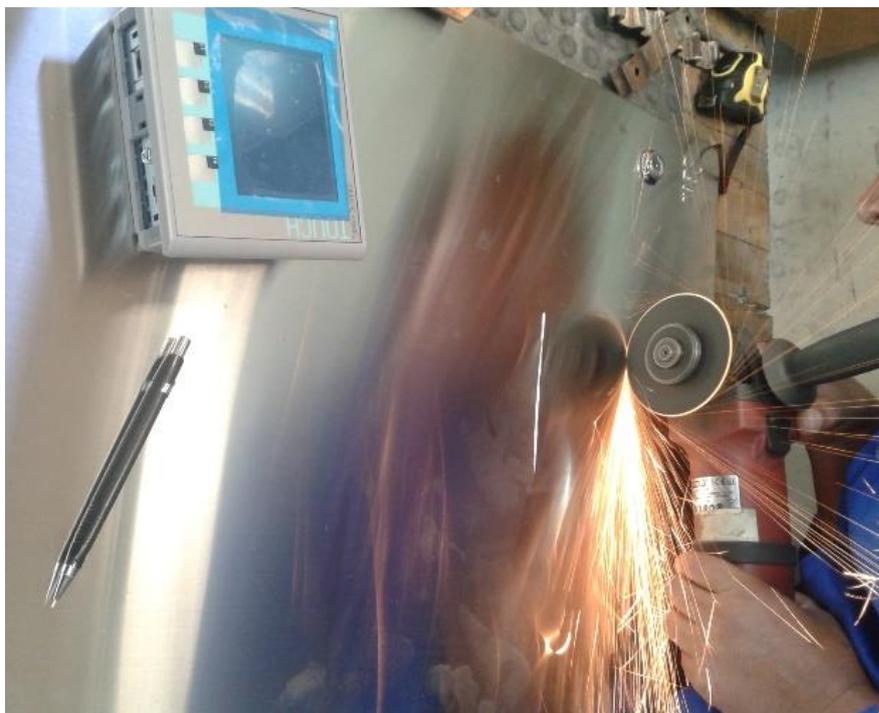
CE **UL** LISTED 70GK IND.CONTEQ

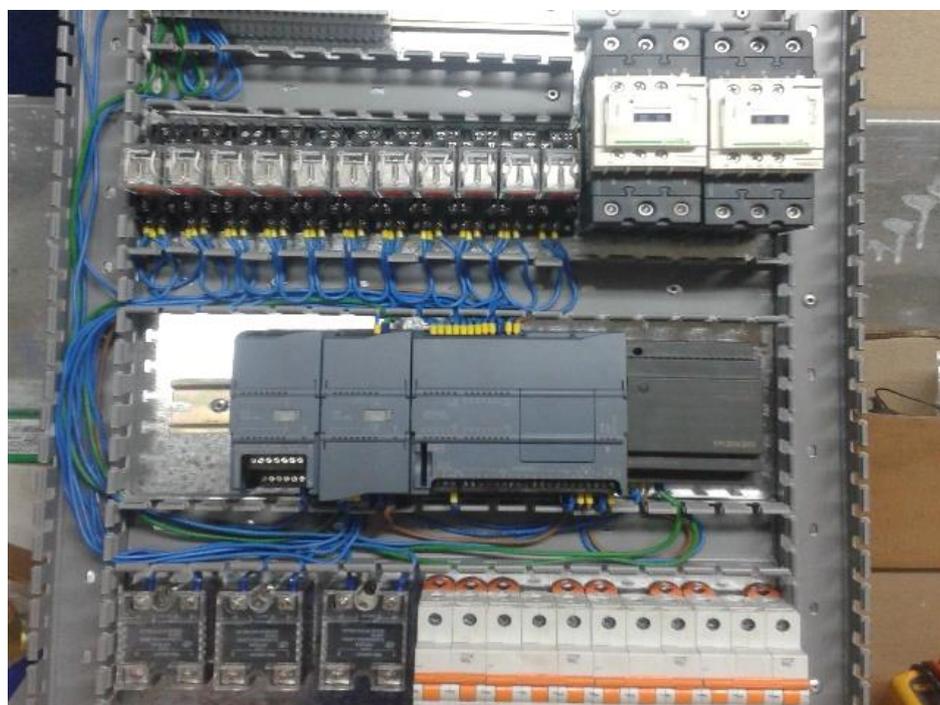
Inspected by 130114

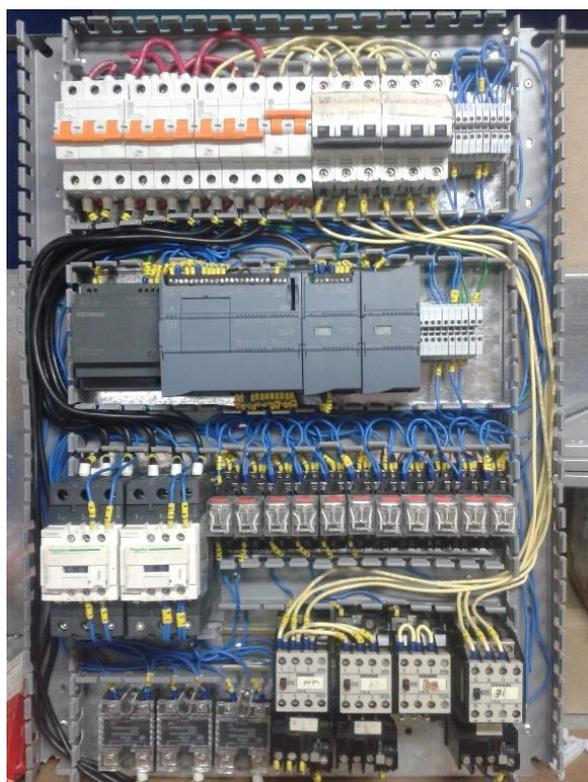
7961 1634 009
MADE IN KOREA
LS 산전
LSIS

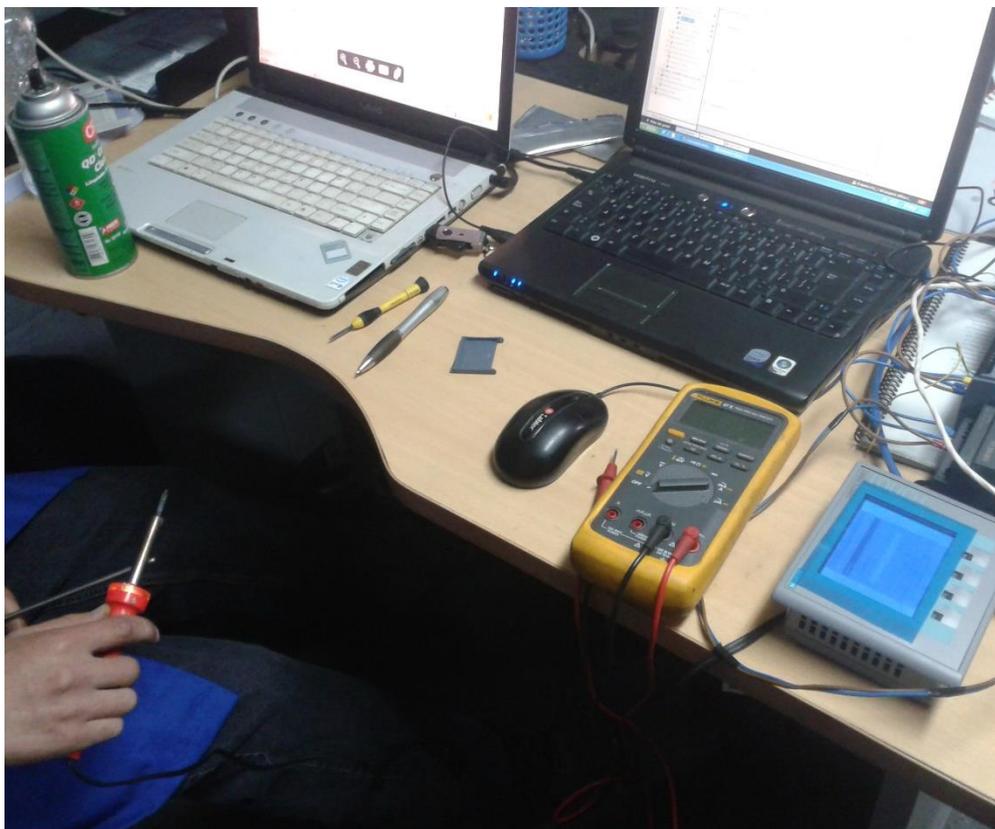












Anexo E-1

Situación final del horno

Pag. 14-14





**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **OSCAR FABRICIO ANGULO CHILQUINGA**.

En la ciudad de Latacunga, a los 22 dias del mes de Febrero del 2017.

Aprobado por:

**ING. Freddy Salazar P.
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**Ing. Katya Torres
DIRECTORA DE CARRERA**

**Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO**